

Aus der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung
Geilweilerhof
Direktor: Prof. Dr. G. Alleweldt
und dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. E. von Boguslawski

**Künstliche Veränderung
der meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand
und ihre Auswirkungen auf den Ertrag und die
Fruchtbarkeit der Rebe
sowie das Wachstum der Traubenbeeren**

DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Angewandte Biologie
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Diplom-Meteorologe Martin Klenert
aus Stuttgart

Gießen 1972

Aus der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung
Geilweilerhof

Direktor: Prof. Dr. G. Alleweldt

und dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig-Universität Gießen

Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. E. von Boguslawski

**Künstliche Veränderung
der meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand
und ihre Auswirkungen auf den Ertrag und die
Fruchtbarkeit der Rebe
sowie das Wachstum der Traubenbeeren**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Angewandte Biologie
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Diplom-Meteorologe Martin Klenert
aus Stuttgart

Gießen 1972

Aus der Dissertation von Prof. Dr. J. Seemann
Leiden, 18. Oktober 1972
Thema: Die Rolle der Frau in der
und dem Leben der Menschen und die
die menschliche Existenz
Leiden, 18. Oktober 1972

Kritische Verhandlung
der menschlichen Verhältnisse im Verhältnis
nach den Annahmen und dem Ertrag und die
Fruchtbarkeit der Rede
sowie das Wesen der Erscheinungen

DISSERTATION
an der Universität Leiden
zum Erlangung des Grades
des Doktors der Theologie
durch Herrn
Prof. Dr. J. Seemann



1. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Seemann
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. h.c. E.v. Boguslawski
mündliche Prüfung am 18. Oktober 1972

Leiden 1972

Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1968 bis 1970 an der Bundesforschungsanstalt (BFA) für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Siebeldingen (Pfalz) durchgeführt. Sie war vom damaligen Leiter der Anstalt, Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. B. Husfeld (verstorben im März 1970), angeregt und gefördert worden. Ihre Fortführung und Fertigstellung ermöglichte der jetzige Direktor, Herr Prof. Dr. G. Alleweldt, dem ich dafür ebenso zu Dank verpflichtet bin wie für wertvolle Hinweise, Ratschläge und Diskussionen.

Herrn Prof. Dr. J. Seemann, Ltd. Regierungsdirektor im Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach (Main), gilt mein Dank für die stete Förderung der Arbeit durch das Interesse, das er ihr immer entgegenbrachte, für viele Anregungen zur Durchführung der Versuche und für zahlreiche wissenschaftliche Diskussionen - nicht zuletzt für die gewährte Unterstützung durch die leihweise Überlassung von Meß- und Registriergeräten des Deutschen Wetterdienstes.

In fachlichen Fragen der Physiologie und Biochemie der Weinrebe und Traubenbeeren erhielt ich wertvolle Ratschläge und Anregungen in wissenschaftlichen Diskussionen insbesondere mit den Herren Dr. O. Bauer und Dr. A. Rapp, Geilweilerhof, denen ich dafür sehr zu danken habe.

Schließlich danke ich allen Mitarbeitern an der BFA, vor allem denjenigen aus den Abteilungen "Technik" und "Biochemie", die durch ihr Verständnis und die Mithilfe beim Aufbau der Versuche und bei den chemischen Analysen sehr wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2. MATERIAL UND METHODEN	7
2.1. Aufbau der Versuche	7
2.1.1. Versuchszeit, Standort und Rebe	7
2.1.2. Schattierung	8
2.1.3. Windschutz	9
2.1.4. Vergleichsbestand	9
2.1.5. Versuchsjahr 1970	9
2.2. Meteorologische Messungen	10
2.3. Untersuchung der Traubenbeeren	11
2.3.1. Probenahmen	11
2.3.2. Aufarbeitung der Beeren; Analysenmethoden	12
2.4. Ertrag und Fruchtbarkeit der Reben	15
2.4.1. Stockertrag	15
2.4.2. Knospenfruchtbarkeit und Traubenbehang	15
2.4.3. Zur "Menge-Güte-Regel"	16
3. ERGEBNISSE	17
3.1. Die Witterung im Versuchszeitraum	17
3.2. Die meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand	24
3.2.1. Normalbestand und Vergleich mit der Klimastation	24
3.2.2. Schattierter Bestand	26
3.2.3. Windgeschützter Bestand	29
3.3. Knospenfruchtbarkeit und Ertragskomponenten	30
3.3.1. Gescheinszahl und Traubenbehang	32
3.3.2. Die Größe der Gescheine	40
3.3.3. Die Größe der Trauben	47
3.3.4. Der Stockertrag	50
3.4. Das Wachstum der Traubenbeeren	55
3.4.1. Zur "Menge-Güte-Regel"	56
3.4.2. Das Einzelbeerengewicht	58
3.4.3. Die Beerentrockensubstanz	64
3.4.4. Säure und Zucker	69
3.4.5. Die Abhängigkeit der Beerenreifung von der Samenzahl	86

4.	DISKUSSION	91
4.1.	Die meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand	91
4.2.	Die Wirkungsweise der verringerten Einstrahlung auf das Wachstum der Traubenbeeren	94
4.2.1.	Das Einzelbeerengewicht	99
4.2.2.	Die Zuckereinlagerung in die Beeren	103
4.2.3.	Der Säuregehalt der Beeren	112
4.3.	Knospenfruchtbarkeit und Ertrag	119
5.	ZUSAMMENFASSUNG	130
6.	LITERATURVERZEICHNIS	133

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die meteorologischen Standortverhältnisse sind für die Erzeugung von Weinen guter Qualität in den deutschen Weinbaugebieten von besonderer Bedeutung. Denn die hohen Ansprüche, die die Rebe an die meteorologischen Standortfaktoren während der Vegetationszeit stellt, werden allgemein nur in den Anbauzonen zwischen dem 35. und 45. Breitengrad optimal erfüllt (23). Dagegen ist an der nördlichen Grenze ihres Anbaugebietes, hier in Deutschland, die Witterung während des Sommerhalbjahres nicht selten so ungünstig, daß die Trauben vieler Rebsorten nicht völlig ausreifen können. Mangelnde Wärme, zumeist verbunden mit geringer Einstrahlung und häufigen Niederschlägen, führt ausnahmslos zu einem qualitätsmäßig "schlechten Weinjahrgang". Umgekehrt wächst ein "Jahrhundertwein" nur in Jahren mit überdurchschnittlicher Sommerwärme. Strahlung, Temperatur und Niederschlag sind die meteorologischen Faktoren, die das Wachstum der Pflanze und die Traubenreife beeinflussen; in zahlreichen Untersuchungen (27, 30, 31, 34, 53, 63, 105, 106, 113, 118, 170, 186, 187) konnte dieser Zusammenhang zwischen Witterung und Traubenmostqualität (Zucker- und Säuregehalt) statistisch nachgewiesen werden.

Da also in der Mehrzahl der Jahre für viele der herkömmlichen Rebsorten die Witterungsbedingungen im Sommer nicht optimal sind, bemüht man sich, aus der "angebotenen" Witterung möglichst günstige meteorologische Bedingungen für die Pflanze zu schaffen, indem man Standort, Erziehung u.a. sorgfältig wählt. Ein mäßig geneigter Süd- bis Südwesthang wird standortmeteorologisch und rebphysiologisch als die günstigste Anbaufläche betrachtet (74, 112, 180). Sie erhält in unseren Breiten während der Vegetationszeit die meiste Sonnenenergie zugestrahlt; hier ist ein maximaler Energieumsatz am Boden und die Ausbildung eines "wohltemperierten" Bestandsklimas möglich. Denn die Strahlung ist unbestritten die Hauptursache für das Zustandekommen der mikroklimatischen Eigenheiten der untersten Luftschicht. In Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, von Bewuchs, Orographie usw. werden sich nämlich nur dann standortspezifische meteorologische Verhältnisse einstellen, wenn die (Ein- oder Aus-) Strahlung nicht Null ist. Wo Strahlung fehlt, fehlt auch die horizontale Differenzierung (28,57).

Bei Betrachtung der meteorologischen Verhältnisse im Pflanzenbestand darf neben der Wichtigkeit der Strahlung die Bedeutung des vertikalen und horizontalen Austausches (Wind) nicht unterschätzt werden. Sie beide bestimmen als die wichtigsten ökologischen Faktoren unter den meteorologischen Elementen primär den Energiehaushalt und die Temperaturverhältnisse im Reibbestand.

Am besten läßt sich eine Vorstellung vom Einfluß der Strahlung und des Austausches anhand der Wärmehaushaltsgleichung (57) gewinnen:

$$O = S - B - L - V \quad (1)$$

Hierbei sind S... Strahlungsbilanz

B... Wärmefluß in tiefere Schichten

L... Wärmeabgabe an die umgebende Luft (fühlbare Wärme)

V... Wärme für Verdunstung (latente Wärme)

Da sich der Wärmeumsatz an einer Fläche vollzieht, muß die Energie aus der Strahlungsbilanz auf die anderen Parameter völlig aufgeteilt werden. Die einzelnen Glieder der Gleichung werden mit positivem Vorzeichen versehen, wenn der betreffende Wärmestrom auf die Fläche hin gerichtet ist. Geht der Wärmestrom von der Fläche aus, so wird er mit negativem Vorzeichen versehen.

Um den Wärmetransport von der Oberfläche weg noch zu verdeutlichen, schreiben wir für B:

$$B = \lambda (t_{B1} - t_{B2}) \quad (2)$$

wobei λ die Wärmeleitfähigkeit des Bodens, t_{B1} und t_{B2} die Erdbodentemperaturen in 2 verschiedenen Tiefen sind, und für L:

$$L = \alpha_t (t_{L1} - t_{L2}) \quad (3)$$

mit der Wärmeübergangszahl α_t und der Lufttemperatur t_{L1} und t_{L2} in 2 Höhen über der Oberfläche.

Der Verdunstungsprozeß ist mit der erweiterten DALTONSchen Verdunstungsgleichung zu beschreiben (nach SEEMANN (165, 166)):

$$V = \frac{w \cdot 0,623 \cdot d}{p \cdot c_p} \cdot \alpha_w (E' - e) \quad (4)$$

wo w der Wasserbedeckungsfaktor (≤ 1), d die Verdampfungswärme des Wassers, p der Luftdruck, c_p die spez. Wärme bei konstantem Druck,

α_w die Wärmeübergangszahl (für Wasserdampftransport) und $E' - e$ das Sättigungsdefizit bedeuten (E' bezogen auf die Temperatur der Oberfläche).

Ersetzt man in Gleichung (1) B, L und V durch die Ausdrücke (2) - (4), so ergibt sich für eine positive Strahlungsbilanz:

$$0 = S - \lambda(t_{B1} - t_{B2}) - \alpha_t(t_{L1} - t_{L2}) - \frac{w \cdot 0,623 \cdot d}{p \cdot c_p} \cdot \alpha_w(E' - e)$$

Auf diese Weise läßt sich sehr deutlich erkennen, wie die meteorologischen Standortverhältnisse durch die örtlichen Gegebenheiten oder durch technische Maßnahmen beeinflußt werden können. Man kann feststellen, daß die Veränderung von S und von α_t (α_t steigt mit der Quadratwurzel aus der Windgeschwindigkeit an!) den stärksten Einfluß auf die meteorologischen Verhältnisse am Standort nehmen.

Verringerte Einstrahlung z.B. erniedrigt die Strahlungsbilanz S, d.h. der Wärmeumsatz an der Oberfläche wird kleiner. Demzufolge wird auch die Wärmeabgabe an die umgebende Luft (L) und in die Schichten unter der Oberfläche (B) kleiner, und die Verdunstung (V) verringert sich.

Herabgesetzte Windbewegung an der Oberfläche, ein verkleinertes α_t also, drosselt den Austausch (L), sodaß sich bei positiver Strahlungsbilanz die oberflächennahen Luftschichten relativ stark erwärmen können. Im Inneren eines lockeren Bestandes, wo die Strahlung nicht nur an den Pflanzen, sondern auch an der Bodenoberfläche umgesetzt wird, ist dieser Effekt fast immer gegeben. Denn die Pflanzen bremsen den Wind in Bodennähe sehr stark ab, d.h. α_t ist im Bestand kleiner als an der freien Oberfläche.

Aber auch starke Verdunstung (V) kann die meteorologischen Bedingungen am Standort spürbar beeinflussen. An der durch Regen, Tau, Bewässerung usw. nassen Oberfläche ($w = 1$ in Gleichung (4)) wird ein Teil der umgesetzten Strahlungsenergie in latente Wärme überführt, und dieses vergrößerte V geht der fühlbaren Wärme, L und B, ab. Wärmehaushaltsbestimmungen in einem bewässerten Kartoffelfeld im Südwesten der UdSSR (126) ergaben, daß die an einem sommerlichen Strahlungstag eingestrahlte Energie von $400 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2}$ vor Bewässerung zu ca. 70% in latente Wärme umgesetzt wird und

10-15% der Erwärmung der Luft zugute kommen, wogegen nach Bewässerung die Anteile 85 und 2% betragen. Im feuchten Bestand ist die Erhöhung der Oberflächen- und Lufttemperatur bei gleicher Einstrahlung geringer als im trockenen. Auch in künstlich bewässerten Rebanlagen konnte dies im Experiment sehr nachdrücklich bewiesen werden (37, 46, 161).

Im allgemeinen ist der Einfluß von S und L auf das Wachstum der Rebe schwierig zu untersuchen. Denn eine Variation der Parameter durch Auswählen verschieden exponierter Weinbergsflächen hat in der Regel zur Folge, daß Rebsorte und -alter, Boden, Düngung oder andere Faktoren als zusätzliche, unerwünschte Variable auftreten und die alleinige Wirkung der meteorologischen Standortverhältnisse auf das Pflanzenwachstum verwischen. Zwar können aus umfangreichem Versuchsmaterial mit statistischen Methoden Beziehungen zwischen Standort und z.B. Mostqualität hergestellt werden (27), doch läßt sich der Wachstums- und Reifungsverlauf der Trauben während des Sommers unter verschiedenen Strahlungs- und Austauschbedingungen auf diese Art nicht feststellen.

Deshalb wurden in einem Freilandexperiment innerhalb einer etwa $10 \times 35 \text{ m}^2$ großen Fläche, die einheitlich mit einer einzigen Rebsorte bepflanzt war, während der Sommer- und Herbstmonate meteorologische Parameter künstlich verändert: eine Gruppe von Rebstöcken wurde schattiert, eine andere mit einem Windschutz umbaut. Im ersten Fall wurde S, im zweiten die Wärmeübergangszahl α und damit auch L verringert; im ersten waren daher ein niedrigerer Strahlungsumsatz und demzufolge, bei Einstrahlung, tiefere Temperaturen als im unverändert belassenen Bestand zu erwarten, im zweiten sollte ein "Wärmestau" entstehen.

Die Auswirkung dieser veränderten bestandsmeteorologischen Verhältnisse auf die Rebe war nun an einigen aussagekräftigen und gut meßbaren Reaktionen festzustellen. Dafür bieten sich das Beerenwachstum, sowie Qualitäts- und Ertragsbildung an, die mittels mehrmaliger Beerenprobenahmen während der Versuchsperiode zu fassen und zu beschreiben sind.

Der Wachstums- und Reifungsverlauf der Traubenbeeren ist in seinen wesentlichen Zügen bekannt. Gewichts- und Volumenzunahme erfolgen vom Befruchten bis zur Reife nicht mit gleichbleibender Geschwindigkeit, vielmehr können diesbezüglich mehr oder weniger deutlich drei (65, 70, 189) oder vier (135) Perioden unterschieden werden. Neben endogenen Vorgängen beeinflussen vor allem ökologische Faktoren das Wachstum (13, 99, 102, 143, 177), möglicherweise verschieden stark während der verschiedenen Phasen. Es wird sich also eine Variation von S und L, sofern sie stark genug ist, mit Sicherheit meßbar in der Wachstumskurve der Beeren niederschlagen.

Ebenso ist zu erwarten, daß die Beereninhaltsstoffe in den beiden Gruppen der Reben, den schattierten und den windgeschützten, quantitative Unterschiede zeigen werden. Im Vergleich mit den "normalen" Reben wird sich die Wirksamkeit der S- und L-Verringerung ebenso im Verlaufe der Entwicklung wie auch zum Zeitpunkt der Lese wohl am deutlichsten im Zucker- und Säuregehalt (als den einfachsten und üblichen "Qualitäts"-Merkmalen) der Beeren und des Beerensaftes feststellen lassen. Auch hier ist damit zu rechnen, daß die künstliche Veränderung der ökologischen Bedingungen während der unterschiedlichen Stadien der biochemischen Prozesse in der Beere, des Auf-, Um- und Abbaus der Metaboliten und Endprodukte, von ungleicher Effizienz sein wird. Dasselbe gilt auch ganz allgemein für den Ablauf der Witterung während der Sommer- und Herbstmonate, in dem z.B. erfahrungsgemäß (63, 180) warmes und strahlungsreiches Wetter in den ersten Wochen der Beerenentwicklung auf den Zuckergehalt zum Lesetermin von geringerem Einfluß ist als dieselbe günstige Witterung während einer späteren Periode, nämlich dann, wenn die Zuckerakkumulation in der Beere stattfindet.

Eine Beeinflussung des Ertrags durch die experimentelle S- und L-Variation ist nicht nur über die Größe der Einzelbeere (s.o.), sondern auch über die Beerenzahl pro Traube und die Anzahl der Trauben pro Trieb und Stock zu erwarten. Denn wie bei allen Obstgehölzen werden bei der Rebe wichtige Komponenten des Fruchtertrags während der vorjährigen Vegetationsperiode in den sog. Winterknospen (siehe Abb. 2, S. 14) festgelegt. Dadurch besteht zum Beispiel die

Möglichkeit, mit Hilfe der Methode der mikroskopischen Knospen-schnitte (11) bereits im Herbst oder Winter aufgrund der festgestellten Knospenfruchtbarkeit (Anzahl und Größe der Infloreszenzen) Ertragsprognosen für das nächste Jahr zu stellen (21, 78), wenn auch mit der erheblichen Einschränkung, daß u.a. über den äusserst witterungsabhängigen Verlauf der Blüte und damit den ertragsmit-entscheidenden Faktor Beerenansatz keine Voraussagen möglich sind (3). In unserem Fall könnte diese Methode dazu dienen, nach Ablauf der sommerlichen Versuchsperiode direkt den Einfluß der verschiedenen Umweltbedingungen auf die Knospenfruchtbarkeit der Reben im schattierten und windgeschützten Bestand nachzuweisen, denn die Witterung von Frühsommer bis Herbst, insbesondere die Strahlungs- und Temperaturverhältnisse während dieser Zeit, ist mitbestimmend für die Ausbildung der Blütenorgane in den Winterknospen (10).

Durch die hier angewandten und nachfolgend beschriebenen Schattierungs- und Windschutzmaßnahmen konnten natürlich keine idealen Differenzierungen geschaffen werden. Denn unsere Versuche erfolgten am selben Standort und an derselben Sorte in 2 bzw. 3 aufeinanderfolgenden Jahren, was zur Folge hatte, daß aktuelle Maßnahmen während der Sommer- und Herbstmonate und Nachwirkungen der vorjährigen Manipulationen sich überlagerten. Bei der Analyse der Ergebnisse aus den einzelnen Jahren ist also zu berücksichtigen, daß sowohl die Veränderung des Stockbehangs (Stockbelastung) durch S- und L-Variation im Vorjahr als auch die aktuellen Maßnahmen die Beerenentwicklung und somit Qualität und Quantität des Ertrages beeinflussen. Eine Abgrenzung der Wirkung endogener (Stockbelastung) und exogener (S, L) Faktoren gegeneinander wird nicht immer leicht vorzunehmen sein.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Aufbau der Versuche

2.1.1. Versuchszeit, Standort und Rebe

Versuch und Untersuchungen wurden in den Sommer- und Herbstmonaten 1968-70 an der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung Geilweilerhof (Pfalz) durchgeführt.

Die Versuchsfläche lag an einem schwach geneigten Südhang und bestand aus den Zeilen 34-66 der Parzelle Nr. 54. Sie grenzte im S und F an eine Fläche mit Rasen und Frühbeetkästen, sonst an weiteren Rebbestand.

Zeilenrichtung: N-S; Zeilenabstand: 1,25 m.

Je Zeile waren 8-10 Stock in 1,20 m Abstand gepflanzt. Sie waren am Drahtrahmen mit je 2 Bogreben (Tragruten) erzogen und diese jeweils auf etwa 10 Augen angeschnitten (außer 1970).

Rebsorte: Gf I-22-29, eine Kreuzung Riesling x Traminer; wurzelecht; spätreifend.

Pflanzjahr: etwa 1934



Abb. 1: Blick auf die Versuchsparzelle von Süden
(im Mittelgrund links: die Klimastation)

2.1.2. Schattierung

Zeilen 34-41 der Versuchsparzelle wurden mit einem Schattierungsgewebe (SCHATTAN) überspannt, das etwa 2,50 m ü. Grund, entsprechend etwa 0,5 m über der Obergrenze des Rebbestandes angebracht war (Abb. 1, Vordergrund links). Das Gewebe hält etwa 60% der Strahlung zurück. Die Durchlüftung des Bestandes (horizontaler Austausch) war durch die Schattierung nicht beeinträchtigt. Auch der vertikale Austausch, der meßtechnisch nicht erfaßt wurde, ist durch das Schattierungsgewebe wohl kaum "verfälscht" worden, denn auch bei natürlicher Strahlungsbilanzverringerung ist der Konvektionsaustausch, ebenso wie z.B. die Verdunstung, herabgesetzt (siehe Gleichung (1), S.2).

Mit dem Schattieren des Bestandes wurde begonnen, nachdem die Reben vollständig verblüht und die Beeren angesetzt hatten. Während der Andauer des Versuches waren die Reben dann fast immer schattiert, bei Tag und Nacht, außer bei sehr trübem, regnerischem und stürmischem Wetter. Aus diesen Gründen war die Schattierung 1968 an 24 Tagen außer Betrieb, 1969 nur an 2.

Sicher wäre es idealer gewesen, wenn eine automatisch regelbare Schattierung hätte montiert werden können, die es ermöglicht hätte, nur bei hoher Einstrahlung, nicht aber bei trübem Wetter oder nachts zu schattieren. Denn nur bei Strahlungswetter ist die Schattierung wirksam und führt zu großen Unterschieden in der Strahlungsbilanz und dem Wärmeumsatz an der Oberfläche mit allen Folgen für die bestandsmeteorologischen Verhältnisse. Es standen aber nicht die technischen Mittel zur Verfügung, um eine mit großem Aufwand verbundene automatische Regelung zu installieren, so daß mit der einfachen Hand-"Steuerung" vorlieb genommen werden mußte. Im übrigen kam es in unserem modellmäßigen Versuch im wesentlichen darauf an, extreme Differenzierungen für Strahlungs- und Windeinfluß zu schaffen, um so die Wirkungsweise veränderter Klimate überhaupt feststellen zu können.

Der schattierte Teil der Versuchsparzelle wird im folgenden immer mit Sch bezeichnet. Sch besteht aus etwa 40 Stock, ausschließlich der Randstöcke im W, S und E.

2.1.3. Windschutz

Zeilen 59-66 der Versuchsparzelle wurden mit 2,50 m hohen durchscheinenden Kunststoffwellbahnen (OWELLAN) als Windschutz umbaut (Abb. 1, Vordergrund rechts). Die Windgeschwindigkeit im oberen Bereich des Bestandes wurde dadurch auf etwa die Hälfte reduziert. Es war unvermeidbar, daß vor allem die Randstöcke innerhalb des Windschutzes (die nördlichen ausgenommen) durch die Wellbahnen leicht beschattet wurden; sie blieben bei der Auswertung unberücksichtigt.

Der windgeschützte Teil der Versuchsparzelle wird im folgenden immer mit W bezeichnet. W besteht aus etwa 40 Stock, ausschließlich der Randstöcke im W, S und E.

Der Windschutz wurde gleichzeitig mit der Schattierung auf- und abgebaut; während der Dauer der Versuche blieb er jedoch, unabhängig vom Wetter, immer bestehen.

Andauer der Windschutz- und Schattierungsmaßnahme:

10.7. - 24.10.1968
und 14.7. - 22.10.1969

2.1.4. Vergleichsbestand

Zeilen 42-58 der Versuchsparzelle, zwischen Sch und W, dienten als Vergleichsreben. Sie werden im folgenden immer mit normal bezeichnet. Normal besteht aus etwa 80 Stock, ausschließlich der Randstöcke im W, S und E.

Laubarbeiten, Bodenbearbeitung, Düngung und Spritzungen wurden in Sch, W und normal immer in derselben Weise durchgeführt.

2.1.5. Versuchsjahr 1970

Wegen Bauarbeiten in unmittelbarer Nachbarschaft war die südliche Hälfte der Parzelle im Winter ausgerissen worden. Sch, W und normal bestanden nun nur noch aus etwa 25, 25 und 45 Stock, ausschließlich der Randstöcke im W und E. Schattierung und Windschutz wurden nicht mehr aufgebaut. Der Einfluß der vorjährigen Manipulationen auf Beerenwachstum, Ertrag usw. in Sch, W und normal wurde untersucht.

2.2. Meteorologische Messungen

Folgende Größen wurden erfaßt:

in Sch, W und normal: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit
(Registrierung)

Erbodentemperatur, Wind (2-3 mal
täglich gemessen)

Bodenfeuchtigkeit (sporadisch, nur 1969)

in Sch und normal: Globalstrahlung (Registrierung)

Lufttemperatur und -feuchtigkeit im Bestand wurden mit Temperatur-Feuchte-Gebern der Fa. Lambrecht, Göttingen, gemessen (Widerstandsthermometer und Haarhygrometer) und mit einem Sechsfarben-Punktschreiber registriert. Die Geräte wurden von Zeit zu Zeit mit einem Feld-Aspirationspsychrometer und mit einem geeichten Stationsthermometer geprüft (84).

Die Geber waren jeweils in der Mitte der 3 Versuchsflächen in der Zeile an der Fehlstelle eines Rebstocks 120 cm üb. Grund montiert. Ein kleines Kunststoffdach schützte sie gegen Regen; als Strahlungsschutz war in etwa 20 cm Abstand ein Schirm aus Alu-Folie angebracht.

Die Messung der Erbodentemperatur in der Rebzeile erfolgte mit Quecksilber-Thermometern in 10 cm Tiefe.

Zur Messung der Windgeschwindigkeit waren in 160 cm üb. Grund (Obergrenze des Bestandes) Windwegmesser angebracht.

Die Bodenfeuchte wurde gravimetrisch bestimmt (54). Mit einem Bohrstock konnten Proben bis 50 cm Tiefe aus der Rebgeasse entnommen und in 10 cm-Schichten ausgewertet werden. Die Globalstrahlung wurde an der Bestandsobergrenze mit einem Solarimeter der Fa. Kipp & Zonen, Delft (Holland) gemessen und mit einem Zweifach-Punktschreiber registriert. Das Gerät erfaßt die Strahlung im Wellenlängenbereich 0,3-2,5 μ .

Die Messungen sind nur während der Versuchsperioden 1968 und 1969, nicht aber 1970 durchgeführt worden.

Etwa 150 m nordwestlich der Versuchsparzelle stand auf einem kleinen Rasenplatz inmitten der Rebanlagen die Klimastation der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung (BFA) (Abb.1). Auf sie wird u.a. bei einigen Vergleichen der meteorologischen Verhältnisse in Bestand und Freiland Bezug genommen. Neben den üblichen Temperaturmessungen in 2 m Höhe werden hier täglich Niederschlag und Sonnenscheindauer festgestellt, ferner Windrichtung und -stärke mit einem mechanischen Windschreiber nach Woelfle in 4,70 m üb. Grund registriert.

2.3. Untersuchungen der Traubenbeeren

2.3.1. Probenahmen

Aus Sch, W und normal wurden vom 8.8. bis 24.10.1968 acht
vom 29.7. bis 22.10.1969 zehn
und vom 5.8. bis 22.10.1970 fünf

Beerenproben in 5-20 tägigem Abstand entnommen. Die möglichst gleichmäßig ausgewählten Proben bestanden je Parzelle und Termin aus 10-15 gesunden Trauben, entsprechend 600-1000 Beeren. Mit dieser Art der Probenahme ist es möglich, z.B. das Mostgewicht auf $\pm 2^{\circ}\text{Oechsle}$ genau zu bestimmen (144). Hätten wir nicht ganze Trauben, sondern einzelne Beeren von verschiedenen Stöcken geerntet, so wäre eine geringere Beerenzahl erforderlich gewesen, um dieselbe Standardabweichung des Mittelwerts zu erhalten: 200-300 Beeren ergeben einen Probenahmenfehler $< 5\%$ (157). Wir haben uns aber für die erste Methode entschieden, weil sie einfacher anzuwenden und weniger zeitraubend ist.

Die Aufarbeitung und Analyse der Beeren erfolgte im Chemischen Labor der BFA. Waren sie durch Regen, Tau oder Nebel feucht, so wurden sie nach dem Entrappen kurze Zeit auf Filterpapier getrocknet.

Infolge eines bedauerlichen Versehens konnte 1968 in Sch die letzte Probe am 24.10. nicht mehr geerntet werden.

Die Versuchsreihe Sch ist daher in diesem Jahr kürzer als W und normal.

2.3.2. Aufarbeitung der Beeren; Analysenmethoden

Zur Beschreibung von Beerenwachstum und -reifeung dienten die folgenden Größen, die für jede Probenahme ermittelt wurden:

Beerengröße bzw. -frischgewicht

Samengewicht pro Beere, Samenzahl pro Beere (1969)

Trockensubstanz der Beeren und Samen

Mostgewicht (Grad Oechsle); Glucose, Fructose

freie titrierbare Säure, Gesamtsäure

Äpfelsäure, Weinsäure

Vor dem Aufarbeiten der Beeren wurde aus der Gesamtmenge der Probe nach dem Entrappen das mittlere Frischgewicht der Beere ermittelt.

40 g Beerenfleisch und 5 g Samen dienten zur Gewinnung des Trockensubstanzgewichtes (Gefriertrocknung).

Aus jeweils 100-200 g Beeren wurde im BRAUN-Entsafter Traubenmost, sog. N a t i v s a f t, hergestellt und durch Zentrifugieren geklärt.

Das Mostgewicht ist refraktometrisch und die freie titrierbare Säure durch potentiometrische Titration mit 0,133 n KOH gegen pH 7,0 bestimmt worden.

Zur Bestimmung der Gesamtsäure (d.h. freie und als Salz gebundene Säuren) wurden 10 ml Nativsaft (bei $\geq 20\%$ freier Säure nur 5 ml) auf 2 g Austauschharz (Dowex 50 W, stark sauer, 50-100 mesh) gegeben und 1 Stunde stehengelassen. Dann wurde abfiltriert, mit Wasser nachgespült und das Filtrat gegen pH 7,0 titriert.

Die gesamte Wein- und L-Äpfelsäure (freie und gebundene) im Nativsaft wurde auf folgende Weise bestimmt: 10 ml Saft (oder nur 5 ml, s.o.) gaben wir über eine kleine Säule mit Austauschharz (Merck III, stark basisch) und lösten nach kräftigem Waschen mit Wasser die freien Säuren mit 100 ml 7,1%iger Na_2SO_4 -Lösung ab. Aus dieser Lösung wurden 20 ml zum quantitativen Nachweis der Weinsäure nach der amtlichen Methode nach REBELEIN (146) verwendet. Der L-Äpfelsäurenachweis geschah enzymatisch (19): eine geeignet verdünnte Probe (ca. 0,1 g L-Malat/l) aus der Na_2SO_4 -Lösung wird im alkalischen Milieu mit Nicotinamid-adenin-dinucleotid (NAD) im Über-

schoß versetzt und damit, in Gegenwart von Malat-Dehydrogenase, das L-Malat der Lösung oxydiert; die entstehende Menge NADH ist der L-Malat-Menge äquivalent und kann spektralphotometrisch im Absorptionsmaximum bei 340 m μ gemessen werden (Beckman Spektralphotometer DB).

Von einem anderen Teil der Probe, 50 oder 100 g, wurden die Samen aus den Beeren entfernt, sodann einerseits das Beerenfleisch mit 70 bzw. 140 ml 100%igem M e t h a n o l homogenisiert (Ultra-TURRAX) und das Zentrifugat auf 125 bzw. 250 ml aufgefüllt, andererseits 5 g Samen in 50 ml 100%igem Methanol ebenso aufgearbeitet.

Das Zentrifugat des Beerenfleisch-Homogenats diente zur enzymatischen Bestimmung von Glucose und Fructose (19): in einer geeignet verdünnten Probe des Zentrifugats ($\leq 0,4$ g Glucose + Fructose/l) wird der Zucker bei Anwesenheit von Hexokinase durch Adenosin-triphosphat phosphoryliert. Dann wird zuerst das entstandene Glucose-6-phosphat (G-6-P) von Nicotinamid-adenin-dinucleotidphosphat (NADP) durch das Enzym Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase oxydiert; die sich dabei bildende Menge NADPH ist der Glucose-Menge äquivalent und spektralphotometrisch bei 340 m μ meßbar. Anschließend wird Fructose-6-phosphat durch Phosphoglucose-Isomerase in G-6-P überführt, dieses wiederum oxydiert und in derselben Weise wie oben die NADPH-Menge bestimmt, diesmal als Maß für die Fructose.

Gelegentlich der für Beerenfleisch und Samen getrennt vorgenommenen methanolischen Aufarbeitung der Beeren konnten jeweils das Samengewicht pro Beere (als Mittelwert aus 50-100 g Beeren), 1969 auch die mittlere Samenzahl pro Beere festgestellt werden.

Ein Teil der Probe ist mit W a s s e r homogenisiert worden, allerdings nicht in Beerenfleisch und Samen getrennt. 100 g Beeren wurden im "Starmix" mit 70 ml Wasser aufgearbeitet (2 min.) und dann zentrifugiert. Nachdem der Rückstand ein zweites Mal homogenisiert und zentrifugiert worden war, standen schließlich 250 ml Lösung zur Verfügung. Daraus konnten in derselben Weise wie aus dem Nativsaft freie und Gesamtsäure, Äpfelsäure und Weinsäure analysiert werden.



- 1 2jähriges Holz
- 2 1jähriges Holz, Tragrupe mit Trieb-Nr. 1
- 3 Winterknospe
- 4 Geschein (Blütenstand), am 3. bzw. 4. Nodium inseriert
- 5 Laubblatt
- 6 Geiztrieb
- 7 Ranke
- 8 Knoten (Nodium)

Abb. 2:

Fruchttrieb der Rebe
(nach GOLLMICK (61))



Abb. 3: Bonitierung der Gescheinsgröße (nach ALLEWELDT (8))

2.4. Ertrag und Fruchtbarkeit der Reben

2.4.1. Stockertrag

Der mittlere Stockertrag in Sch, W und normal ist jeweils zum Ende der Versuchsperiode (Ende Oktober) festgestellt worden, wenn nach Abschluß der Untersuchungen alle Stöcke abgeerntet und die Gesamtmenge der Trauben als ganzes gewogen waren. In allen 3 Jahren betrug der Anteil des faulen Lesegutes etwa 30-40%; er ist im Stockertrag natürlich mitenthalten. Die im Verlaufe der Versuchsperiode entnommenen Trauben konnten bei der "Endabrechnung" mitberücksichtigt werden, indem jeweils auf das mittlere Beerengewicht bei Ende der Versuchsperiode bezogen wurde. Da die Reben in jedem Jahr in der ganzen Parzelle gleichmäßig lang angeschnitten waren, ist ein direkter Vergleich der Stockerträge in Sch, W und normal möglich.

2.4.2. Knospenfruchtbarkeit und Traubenbehang

Die mikroskopische Untersuchung der Winterknospen vor oder während der Winterruhe als direkte Methode zum Nachweis eines eventuellen Einflusses von Schattierung und Windschutz auf die Knospenfruchtbarkeit wurde nicht angewandt. Vielmehr ermittelten wir, nicht zuletzt im Hinblick auf die Ertragsbildung, nach dem Austrieb der Knospen im Folgejahr, 1970, kurz vor der Rebblüte die Anzahl der Gescheine pro Sproß (Trieb) und die Gescheinsgröße. Um einen möglichst umfassenden Überblick über die Knospenfruchtbarkeit der Reben in Sch, W und normal zu erhalten, waren diese im Frühjahr übertrieben lang auf 15-20 Augen je Tragrupe angeschnitten worden. Die Größe der Gescheine wurde abgeschätzt und nach einem von ALLEWELDT (8) entworfenen Schema bonitiert (Abb. 3). Alle >1 bonitierten Infloreszenzen zählten als Geschein, entsprechend einer Blütenzahl > 20. Lediglich an je 4-6 Rebstöcken (= je ca. 150 Triebe) in den 3 Versuchspartzellen stellten wir zusätzlich die Blütenzahl der Gescheine fest.

Ferner wurden als morphologische Merkmale der Rebe die Anzahl der nicht ausgetriebenen Knospen und die mittlere Insertionshöhe des 1. Gescheins am Trieb ermittelt.

Diesen ausführlichen Untersuchungen zur Knospenfruchtbarkeit im Frühsommer 1970 war eine mehr orientierende Erhebung im Sommer 1969 vorausgegangen, die lediglich einen qualitativen Eindruck von der Wirkung des Windschutzes und der Schattierung während der 1. Versuchsperiode auf die Ertragsbildung im Folgejahr vermitteln sollte. Mitte August 1969 waren zu diesem Zweck in allen 3 Versuchspartzellen die Trauben pro Stock gezählt worden.

Die Meßergebnisse wurden statistisch ausgewertet (17, 127). In den entsprechenden Darstellungen ist neben dem Mittelwert als Maß für die Variabilität die Standardabweichung (σ) angegeben. Aussagen über die Sicherheit einer bestehenden Differenz zwischen 2 Mittelwerten gründen sich auf den t-Test.

2.4.3. Zur "Menge-Güte-Regel"

Einen Anhaltspunkt über die Beeinflussung der Traubenqualität durch den Stockertrag sollte folgendes Experiment geben: am 15. August 1969 reduzierten wir den Behang von 16 Rebstöcken aus 2 Zeilen in normal um etwa 1 Drittel, indem möglichst gleichmäßig aus allen Stöcken Trauben herausgeschnitten wurden. Am Ende der Versuchsperiode 1969 konnten dann die Trauben in 10 Gruppen à 1-2 Zeilen (7-18 Stock) gelesen und jeweils mittleres Stockgewicht und Mostgewicht der Gruppen festgestellt werden. Wegen der großen Traubenmenge pro Gruppe erfolgte die Saftgewinnung nicht im Labor, sondern an einer kleinen Kelter.

Bei den Untersuchungen zur Knospenfruchtbarkeit 1970 (siehe 2.4.2.) werden diese im August 1969 im Ertrag stark reduzierten Stöcke als red. bezeichnet. Diese Gruppe besteht (1970) aus 9 Stöcken (siehe 2.1.5.).

3. ERGEBNISSE

3.1. Die Witterung im Versuchszeitraum

Auffallend unterschiedlich fiel die Witterung im Hochsommer 1968 und 1969 aus. Im Vergleich zum langjährigen Mittel war die Temperatur von Mitte Juli bis Mitte August 1968 fast jeden Tag "zu niedrig", 1969 fast ausnahmslos "zu hoch" (Abb. 4a + b). Im selben Zeitraum gab es 1968 überdurchschnittlich viel und oft Niederschlag und wenig Sonnenschein, 1969 waren die Verhältnisse etwa umgekehrt.

Demzufolge waren die Differenzen im Strahlungsgenuß zwischen Sch und normal während der ersten 4 Wochen der Versuchsperiode 1969 besonders stark ausgeprägt, mitverursacht noch dadurch, daß in diesem Jahr die Schattierung immer in Betrieb war, während sie 1968 wegen häufiger Starkregen an mehreren Tagen eingerollt werden mußte. Die Globalstrahlung betrug 1968 in dieser Zeit durchschnittlich $185 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ in Sch, 345 in normal (Abb. 6), während 1969 175 und 445 gemessen wurden (Abb. 7).

Im weiteren Verlauf des Sommers und Herbstes stellten sich in den beiden Jahren keine derart ausgeprägt und langanhaltend verschiedenen Witterungsperioden mehr ein. Doch blieb 1968 die Tendenz zu strahlungsarmem und regnerischem Wetter erhalten, während sich 1969 mit kurzen Unterbrechungen die relativ trockene Witterung fortsetzte. Die Temperaturen lagen indessen in beiden Jahren meist unter dem Mittel.

Die häufigen und oft starken Niederschläge während der ganzen Versuchsperiode 1968 hatten zur Folge, daß der Boden im Rebbestand fast ohne Unterbrechung immer sehr feucht und oft sogar mit Pfützen bedeckt war (Abb. 6); anders 1969: vor allem in der Zeit bis Mitte August war der Boden an vielen Tagen oberflächlich vollkommen trocken (Abb. 7).

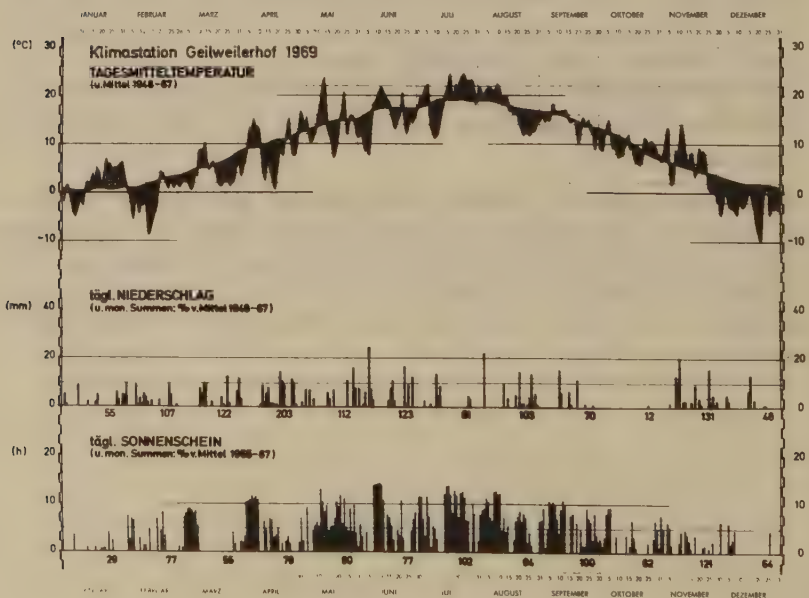
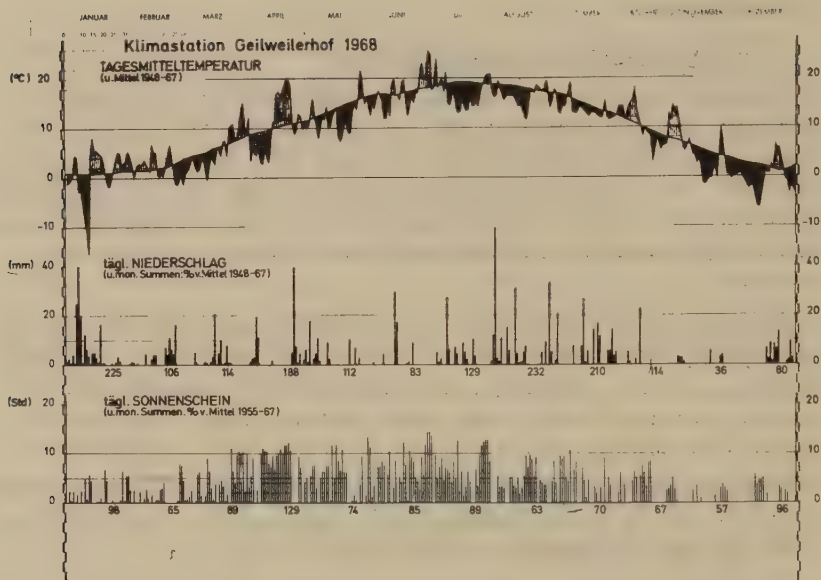


Abb. 4 a und b: Witterungsverlauf 1968 und 1969

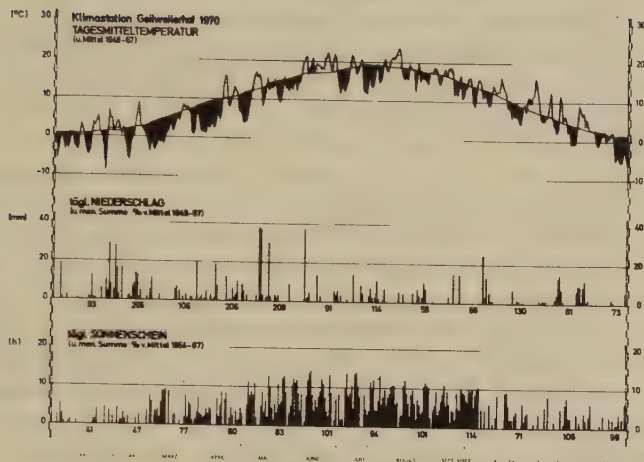


Abb. 4 c : Witterungsverlauf 1970

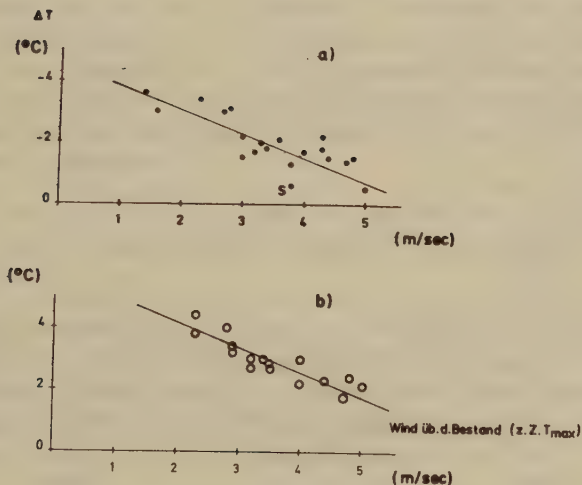


Abb. 5: Einfluß des Windes (4,7 m üb. Gr.) auf die Tagesmaxima der Lufttemperatur an Strahlungstagen, Sommer 1969

- a) Differenz ΔT der Maxima in Sch und normal
 b) - " - in normal und Klimastation

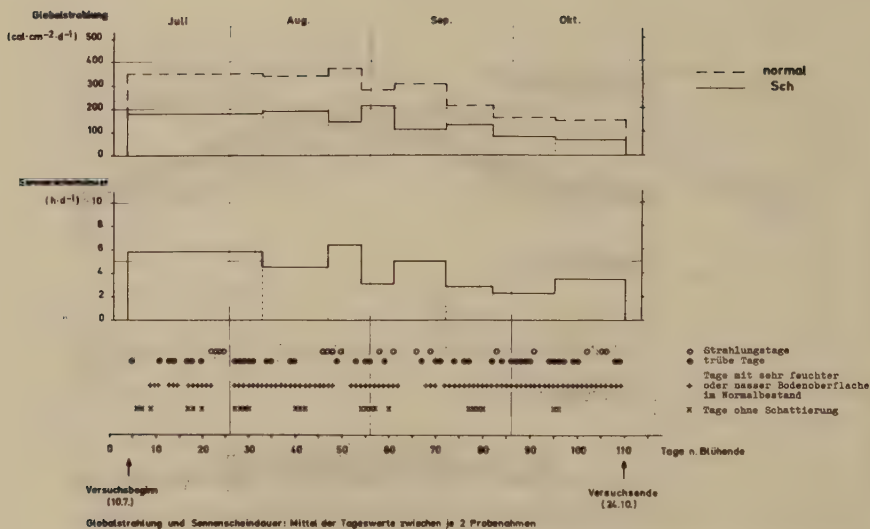


Abb. 6: Strahlungsverhältnisse und Bodenzustand im Rebbestand während der Versuchsperiode 1968

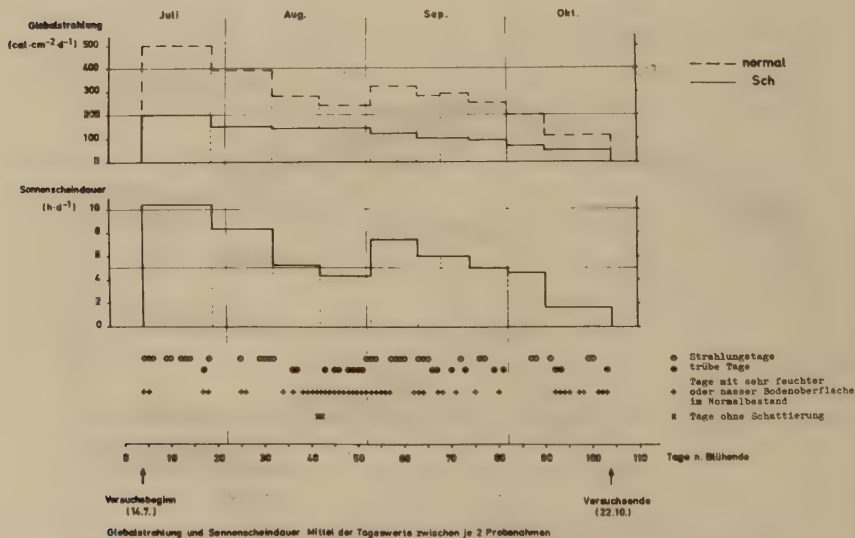


Abb. 7: Strahlungsverhältnisse und Bodenzustand im Rebbestand während der Versuchsperiode 1969

Im Hinblick auf das Wachstum der Traubenbeeren ist es aufschlußreich, den Witterungsablauf während der Versuchsperiode in 2 Zeitabschnitte zu gliedern. Der erste soll vom Ansetzen der Beeren, d.h. vom Beginn der Schattierungs- und Windschutzmaßnahmen bis zum Beginn der Beerenreifung (Weichwerden der Beeren) dauern, der zweite die ganze Phase der Beerenreifung, d.h. den Vorgang der Zuckeranreicherung in der Beere bis zur Lese umfassen (Tab. 1). Die beiden Zeiträume sind für unsere Sorte in den beiden Jahren 50-56 Tage lang, wobei allerdings zu beachten ist, daß der Zuckeraufbau zum Zeitpunkt der Lese wohl noch nicht abgeschlossen war (siehe 3.4.4.), das Ende dieser Phase also nicht erfaßt wurde. Ein Hinauszögern der Lese war aber weder 1968 noch 1969 möglich, weil die Trauben Ende Oktober sehr stark faulten und gesundes Material für die Untersuchungen dann nicht mehr zur Verfügung stand. Obwohl die sehr kühle, regnerische und strahlungsarme Witterung im letzten Drittel des August 1969 (Abb. 4b) noch in die Zeit vor Beginn der Beerenreifung hineinfiel, unterscheidet sich dieser 1. Zeitraum insgesamt doch deutlich positiv vom entsprechenden des Vorjahres: er war wärmer, trockener und strahlungsreicher. Die Temperatur lag $2,3^{\circ}\text{C}$ höher, es fielen 147 mm weniger Niederschlag, und die Anzahl der Tage mit mindestens 1,0 mm Regen war um 8 geringer. Die Sonnenscheindauer unterschied sich um +90 Stunden, es gab 7 Strahlungstage mehr und 8 trübe Tage weniger als 1968. Wegen der relativ strahlungsreichen Witterung war der Unterschied im Strahlungsgenuß zwischen normal und Sch 1969 größer als 1968: $10,2 \text{ kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$ gegenüber 8,5.

Der zweite Zeitraum, der der Beerenreifung, war 1969 kühler, doch Strahlungs- und Niederschlagsbedingungen waren weiterhin günstiger als 1968.

Auf den Witterungsverlauf 1970 (Abb. 4c) braucht nicht näher eingegangen zu werden, denn Schattierung und Windschutz waren nicht mehr aufgebaut. Es sei lediglich vermerkt, daß die Witterung zur Zeit des Beerenwachstums und -reifens vergleichbar der des Vorjahres war, jedenfalls nicht so ungünstig wie 1968.

Tab. 2: Die meteorologischen Verhältnisse an einem strahlungsreichen und einem trüben Tag
(Mittel aus 24 Tagen, August - September 1968, 1969)

Meßort	tägl. Sonnen- schein (h)	Σ Strahlg. 6-18 h (cal/cm ²)	Wind (1,6 m ü.Gr.) 6-18 h (m/sec)	Lufttemperatur (1,2 m ü.Gr.) (°C) Max. Min. Schwkg. Mittel 6-18 h 18-6 h	Erdbodentemperatur in 10 cm Tiefe (°C) 8 h 14 h 18 h
Klimahütte (2 m ü.Gr.)	9,9		3,4 (4,7 m ü.Gr.)	23,5 11,1 12,4 19,6 15,2	- - -
Sch		160	0,9	24,4 10,8 13,6 21,0 15,4	14,3 15,9 16,3
W		410	0,4	26,0 10,1 15,9 22,0 14,9	14,3 17,4 17,7
Normalparzelle		410	1,0	26,3 10,3 16,0 22,1 15,0	14,4 17,8 18,2
Klimahütte (2 m ü.Gr.)	0,7		3,0 (4,7 m ü.Gr.)	18,3 13,1 5,2 15,9 14,8	- - -
Sch		130	0,9	17,9 13,0 4,9 16,0 14,4	14,6 15,0 15,3
W		180	0,5	19,2 12,9 6,3 16,7 14,4	14,7 15,9 15,9
Normalparzelle		180	1,0	19,2 13,0 6,2 16,6 14,4	14,9 16,1 16,6

3.2. Die meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand

3.2.1. Normalbestand und Vergleich mit der Klimastation

Die L u f t t e m p e r a t u r im Bestand (1,2 m üb. Gr.) liegt bei Strahlungswetter tagsüber erheblich über der, die in der Klimahütte (2,0 m üb. Grund) gemessen wird (Tab. 2, oben): die Maxima durchschnittlich $2,8^{\circ}\text{C}$, die Mittel $2,5$. Mit abnehmender Luftbewegung werden die Unterschiede größer; die der Maxima betragen bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/sec (in 4,7 m Höhe) knapp 2°C , bei 2 m/sec etwa 4°C (Abb. 5, b). Bei diesem Vergleich mußte auf die Windbeobachtungen an der Klimastation bezogen werden, weil nur aus den Registrierungen dort eine genaue Zuordnung der Windgeschwindigkeit und -richtung zur Eintrittszeit der Höchsttemperatur möglich war. Die Windwegmesser im Bestand erlaubten lediglich die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit über längere Zeiträume (Stunden, Tage). Eine Abhängigkeit der Temperaturunterschiede von der Windrichtung war im übrigen nicht zu erkennen, da an fast allen Strahlungstagen der Wind tagsüber aus dem E-Sektor (das ist senkrecht zur Zeilenrichtung) wehte. Die beständigen Schönwetterlagen im Sommer 1969 waren regelmäßig mit einer großräumigen Ostströmung verbunden.

In klaren Nächten sank die Temperatur im Bestand stärker ab als in der Hütte der Klimastation (Vergleichsmeßstelle!), sodaß die mittlere Tagesamplitude der Temperatur an den ausgewählten Strahlungstagen hier $16,0$, dort $12,4^{\circ}\text{C}$ betrug (Tab. 2, oben).

An strahlungsarmen Tagen erreicht die Tagesamplitude dagegen nur $6,2$ bzw. $5,2^{\circ}\text{C}$, und die Tagesextreme unterscheiden sich hier im Mittel um $0,9$ bzw. $0,1^{\circ}\text{C}$ (Tab. 2, unten).

Die austauschmindernde Wirkung des Rebbestandes zeigt eine Gegenüberstellung des in 4,7 m üb. Grund und in 1,6 m Höhe im Bestand gemessenen W i n d e s an einigen Strahlungstagen (Abb. 8, unten).

Winde aus dem E-Sektor werden von 5,0 auf 1,5 oder von 2,0 auf 0,5 m/sec abgebremst. Über freiem Gelände ist für diesen Höhenunterschied mit einer Abnahme der Windgeschwindigkeit auf nur etwa 3,8 bzw. 1,3 m/sec zu rechnen (57).

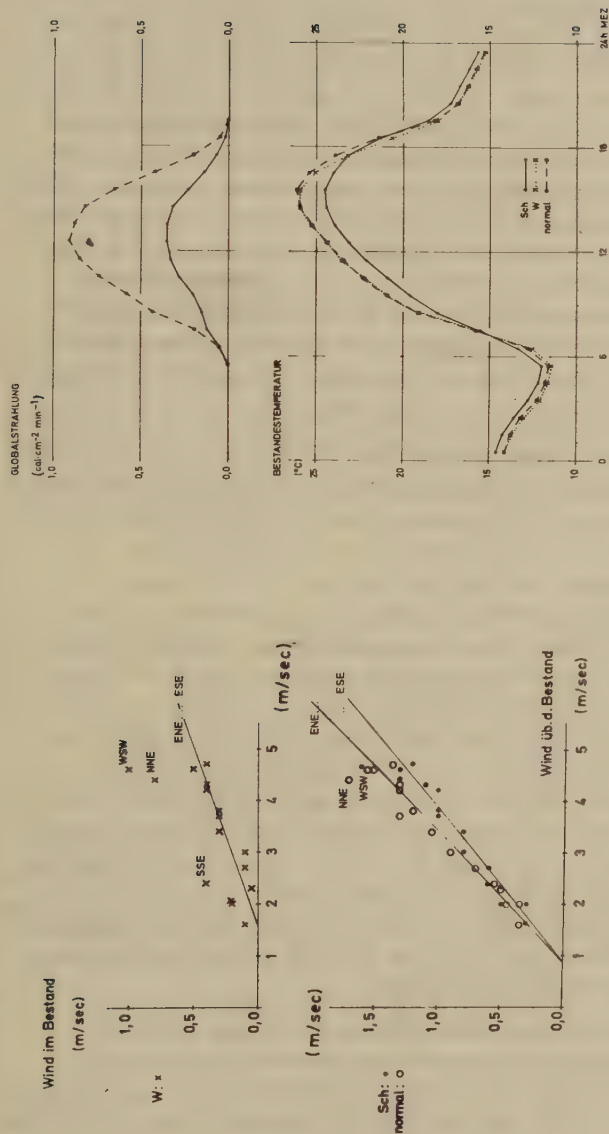


Abb. 8: Windgeschwindigkeiten über dem Bestand und im Bestand (4,7 bzw. 1,6 m ü.b. Gr.) an Strahlungstagen, Sommer 1969

ENE ... ESE Wind aus dem E-Sektor
WSW, SSE usw. Wind aus anderer Richtg.

Abb. 9: Tagesgang von Strahlung und Temperatur (1,2 m ü.b. Gr.) an einem strahlungsreichen Tag (Mittel aus 10 Tagen Aug.-Sep. 1969)

3.2.2. Schattierter Bestand

Die durch das Schattierungsgewebe verursachte Verminderung der G l o b a l s t r a h l u n g ist erheblich: sie beträgt bei Strahlungswetter tagsüber etwa 60%. Die höchsten Mittagswerte im Hochsommer in normal lagen bei $1,3 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, in Sch zur selben Zeit bei 0,5. Die Unterschiede sind bei hohen Strahlungsintensitäten absolut und relativ größer als bei niedrigen, d.h. daß, wie zu erwarten war, während strahlungsreicher Witterung die Schattierung weit wirkungsvoller ist als bei trüber. Im ersten Fall wurden tagsüber 410 cal.cm^{-2} in normal gegenüber 160 in Sch gemessen, im zweiten 180 bzw. 130 (Tab. 2). An Strahlungstagen empfängt also der schattierte Bestand im Durchschnitt weniger Strahlung als der normale bei trüber Witterung. Der Tagesgang (Abb. 9, oben) zeigt eindrucksvoll die stark reduzierte Einstrahlung in Sch an einem strahlungsreichen Tag.

Durch die Schattierung wird auch die L u f t t e m p e r a t u r im Bestand stark beeinflußt. Bei Strahlungswetter liegen die Tagesmaxima durchschnittlich $1,9^{\circ}\text{C}$ niedriger als in normal, die Mitteltemperaturen 6-18 h unterscheiden sich um $1,1^{\circ}\text{C}$ (Tab. 2, oben). Eine Abhängigkeit von der W i n d g e s c h w i n d i g - k e i t ist deutlich zu erkennen (Abb. 5, a): während sich bei 1 m/sec in 4,7 m üb. Grund, also praktisch Windstille im Bestand (Abb. 8, unten), die Maxima in normal und Sch um nahezu 4°C unterscheiden, beträgt die Differenz ΔT bei 5 m/sec weniger als 1°C . Da der Wind fast ausnahmslos aus dem E-Sektor wehte (s. o.), kann die zu erwartende Abhängigkeit von der W i n d r i c h t u n g schwerlich gezeigt werden. Als Einzelfall wurde S-Wind von 3,8 m/sec zur Zeit des Temperaturmaximums festgestellt und gleichzeitig ein relativ geringes ΔT von $0,5^{\circ}\text{C}$ beobachtet (Abb. 5, a, Kennzeichnung: S): der Wind blies aus dem Freiland direkt in die Rebzeilen hinein und "tauschte" die bestandseigene Luft in Sch und normal gleichermaßen weitgehend gegen solche aus dem freien Gelände aus, das sich im S an den Bestand anschließt.

In klaren Nächten liegen die Temperaturen in normal allgemein niedriger als in Sch, wo die langwellige Ausstrahlung durch das Schattierungsgewebe gehemmt ist. Die Unterschiede der Minima schwanken zwischen $0,1$ und $1,3^{\circ}\text{C}$ und betragen durchschnittlich $0,5^{\circ}\text{C}$, die der mittleren Nachttemperatur (18-6 h) $0,4^{\circ}\text{C}$ (Tab. 2, oben).

Am Tagesgang der Temperatur ist anschaulich die Wirkung der verringerten Ein- und Ausstrahlung zu erkennen (Abb. 9, unten). Einer leicht erhöhten Temperatur nachts steht die merklich erniedrigte bei Tage gegenüber. Die Tagesamplitude der Lufttemperatur ist in normal 2-3°C höher als in Sch.

An strahlungsarmen Tagen sind, entsprechend der geringen Strahlungsunterschiede zwischen normal und Sch, die Temperaturdifferenzen gering. Die Maxima unterscheiden sich durchschnittlich um 1,3°C, die Mittel 6-18 h um 0,6°C (Tab. 2, unten). Doch in Zeiten ohne direkte Sonnenstrahlung und wenigstens etwa 1 m/sec Wind im Bestand sind die Temperaturverhältnisse vollkommen nivelliert und in Nächten mit bedecktem Himmel ist der Temperaturverlauf in Sch praktisch immer identisch dem in normal.

Die rel. Luftfeuchte ist entsprechend der niedrigen Lufttemperatur in Sch immer höher als in normal, oft auch der Dampfdruck; letzterer insbesondere dann, wenn die Bodenoberfläche in Sch als Folge von Niederschlägen noch feucht, in normal aber bereits abgetrocknet ist.

Tab. 3: Bodenfeuchtigkeit 1969 (Gew.-%, bezogen auf die trock. Bodensubstanz)

Termin	Niedersch. der letzten 3 Tg. 6 Tg. (mm)	Zustand der Boden- oberfläche	Bodenschicht (cm)				
			0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
10.7., 14 h 4 Tge. vor Vers.-beginn)	14,5 16,0	Sch: s.feucht	27	24	19	17	17
		W: "	28	25	18	17	17
		normal: "	27	25	17	17	17
25.7., 10 h	. .	Sch: trocken	14	20	20	17	17
		W: "	12	16	14	15	16
		normal: "	13	16	14	14	15
7.8., 14 h	. 22,0	Sch: feucht	17	19	19	18	16
		W: trocken	15	18	13	13	17
		normal: "	14	20	14	15	14

Dieses langsame Abtrocknen des Bodens (Löblehm) unter der Schattierung im Vergleich zum Normalbestand war 1969 immer wieder zu beobachten. In den sporadischen Messungen der B o d e n f e u c h t i g k e i t (Tab. 3) kommt das zum Ausdruck, wenn 4 Tage nach einem Gewitterregen die Bodenschicht bis 10 cm Tiefe in Sch 17, in normal 14% Wasser enthält. Selbst nach einer Andauer von 12 niederschlagsfreien Tagen war am 25.7. eine Feuchtedifferenz in der obersten Bodenschicht noch angedeutet, doch waren jetzt die Hauptunterschiede zwischen Sch und normal in 10-30 cm Tiefe anzutreffen.

Während die Verdunstung in Sch durch die niedrigen Oberflächentemperaturen und höhere Luftfeuchte gegenüber normal (und W) allgemein herabgesetzt war, wurde umgekehrt durch das Schattierungsgewebe der Niederschlag kaum abgehalten; man kann also davon ausgehen, daß alle 3 Versuchspartzellen praktisch dieselben Wassergegeben erhielten.

Die nur geringe Erwärmung des Bodens infolge mangelnder Einstrahlung zeigt der Mittagswert der E r d b o d e n t e m p e r a t u r in 10 cm Tiefe (Tab. 2). Er liegt an einem Strahlungstag in Sch nahezu 2°C tiefer als in normal, während er zum Morgentermin hier wie dort gleich war. Die Tagesamplitude beträgt hier etwa 2, im unschattierten Bestand 4°C; an trüben Tagen erreicht sie jeweils nur etwa die Hälfte dieser Beträge.

Insgesamt gelang es uns also mit Hilfe der Schattierung recht gut, strahlungsarme Witterung zu simulieren. Der Primäreffekt der verminderten Einstrahlung mit Werten der Globalstrahlung, die mit den natürlichen Bedingungen an trüben Tagen durchaus vergleichbar sind, schuf in Sch die für strahlungsarme Sommerwitterung in unserer Klimazone typischen Verhältnisse: niedrige Boden- und Lufttemperaturen mit kleiner Tagesamplitude, hohe Boden- und Luftfeuchtigkeit mit geringer Verdunstungsrate, geringer Vertikalaustausch usw.. Die "unnatürliche", absichtlich extreme Wirkung unserer Maßnahme bestand lediglich in ihrer Andauer über Monate hinweg.

3.2.3. Windgeschützter Bestand

Im Innern des 2,5 m hoch umbauten Bestandes ist die Windgeschwindigkeit in Höhe des Kronenraumes auf etwa die Hälfte von normal reduziert (Tab. 2). Dieser Effekt der Windschutzmaßnahme ist deutlich, doch über Turbulenz und vertikale Komponente des Austauschs können keine Angaben gemacht werden. Das Ausmaß der Windabbremmung ist offenbar von der Windrichtung abhängig (Abb. 8, oben).

Trotz der geringen Luftbewegung in W sind die erwarteten Auswirkungen auf die L u f t t e m p e r a t u r nicht festzustellen. Tagesextreme, -schwankung und -mittel sind an Strahlungstagen von den in normal gemessenen Werten praktisch nicht verschieden (Tab. 2, oben). Am Tagesgang (Abb. 9, unten) ist die geringfügig tiefere Nachttemperatur zu erkennen, aber von 7 bis 15 h decken sich W- und normal-Kurve. Am Spätnachmittag geht dann die Lufttemperatur im Windschutz rascher zurück als draußen. Vermutlich macht sich nun zu Beginn der Zeit negativer Strahlungsbilanz ein geminderter Austausch stärker bemerkbar.

In den E r d b o d e n t e m p e r a t u r e n scheint dieser Effekt auch erkennbar zu sein; allerdings ist bereits bis zum Mittag in W ein geringerer Temperaturanstieg zu beobachten als in normal (Tab. 2). Über die Tagesamplitude können aus den täglich 3 Meßwerten nur mit Vorbehalt Aussagen gemacht werden. Überhaupt ist ein Vergleich zwischen W und normal mit Vorsicht vorzunehmen, denn die Erwärmung der Bodenoberfläche unterliegt (bei Einstrahlung) örtlich und zeitlich großen Schwankungen dadurch, daß sie von den Pflanzen sehr unregelmäßig beschattet wird. Auch die sorgfältige Wahl der Meßstelle ist keine Gewähr dafür, daß die Ergebnisse repräsentativ für die jeweilige Parzelle sind.

Das Abtrocknen des Bodens nach Regenfällen erfolgt in W ebenso schnell wie in normal (Augenbeobachtung). Die nur schwache Windbewegung behindert die Verdunstung offenbar kaum - im Gegensatz zur verminderten Einstrahlung in Sch. Auch die B o d e n f e u c h t e (Tab. 3) zeigt keine auffallenden Unterschiede zu normal.

Diese ausführliche Beschreibung der meteorologischen Standortverhältnisse an den einzelnen Versuchsparzellen war notwendig, weil ja die künstliche Veränderung letztlich eine wesentliche Grundlage der Untersuchungen ist.

3.3. Knospenfruchtbarkeit und Ertragskomponenten

Die Ausbildung und weitgehende Festlegung der generativen Organe der Rebe erfolgt bekanntlich im Laufe des Sommers in den Winterknospen (1, 11, 76, 78, 120, 123) (zum Aufbau des Rebtriebs siehe Abb. 2). Die ersten Infloreszenzprimordien bilden sich etwa 5 Wochen nach dem Austrieb; die Triebe besitzen dann etwa 10-15 Blätter (78). Die Induktion und Determination der Infloreszenzen in den Knospen schreitet in akropetaler Richtung fort, wobei immer die etwa 10 obersten (jüngsten) Knospen am Trieb (noch) vegetativ sind. Etwa 8-12 Wochen nach dem Austrieb, ungefähr z.Z. der Reblüte, sind die ersten Blütenprimordien in den Knospen festzustellen. Zur selben Zeit oder wenig später ist dann die maximale Infloreszenzzahl pro Knospe in den basalen Winterknospen des Triebs erreicht. Am Ende der Vegetationszeit sind am ausgereiften Trieb Anzahl und Größe der Infloreszenzen weitgehend festgelegt und erfahren während der Winterruhe keine bedeutsamen Änderungen mehr. Dies gilt mit Sicherheit für die Anzahl der Infloreszenzen, während ihre Größe, d.h. die Blütenzahl pro Infloreszenz, im Frühjahr vor dem Austrieb z.B. durch Umwelteinflüsse noch modifiziert werden kann (4, 75, 120). Eine sehr wichtige Komponente des Traubenertrags, die Anzahl der Infloreszenzen (Syn.: Gescheine) pro Trieb, ist also bereits im Jahr zuvor fast vollständig fixiert.

Mitentscheidend für die Knospenfruchtbarkeit sind, wie man weiß, die Witterungsbedingungen während der Monate Juni bis September. Eine Abhängigkeit von Temperatur und Sonnenscheindauer ist sicher nachgewiesen (8, 24, 76, 193): hohe Wärme- und Strahlungssummen fördern die Infloreszenzbildung, kühle Witterung ist ihr abträglich. In der Praxis bedeutet das z.B., daß überdurchschnittlich günstige Sommerwitterung als gute Voraussetzung für hohe Traubenerträge im Folgejahr anzusehen ist, während einem kühlen und strahlungsarmen Sommerhalbjahr schwerlich ein Jahr mit hohen Erträgen folgen wird.

Aufgrund dieser Kenntnisse und Ergebnisse, die andere Autoren im Verlaufe von Experimenten mit einzelnen, schattierten Rebstöcken gefunden haben (121, 122), müssen wir erwarten, daß unsere schattierten Reben im Folgejahr, also 1969 und 1970, weniger tragen werden als die anderen. Denn während nahezu der ganzen Zeit, in der die

Determination der Infloreszenzen stattfindet, wachsen die Pflanzen 1968 und 1969 in Sch unter relativ ungünstigen, nämlich strahlungsarmen Bedingungen. Bei gleichem Anschnitt aller Reben, d.h. gleicher Anzahl Knospen bzw. Triebe pro Stock, würde also der Behang (Trauben oder/und Beeren pro Stock) der Sch-Stöcke unter dem der normal- und W-Stöcke liegen. Andererseits wäre durch die Windschutzmaßnahme nicht mit einer entsprechend umgekehrten, positiven Wirkung auf die Knospenfruchtbarkeit zu rechnen, weil die Strahlungs- und Temperaturverhältnisse in W nach unseren Feststellungen ja nicht günstiger waren als in normal (3.2.3.).

Zur Beschreibung der Knospenfruchtbarkeit dient als indirektes Maß (s.S. 6) die Anzahl der Gescheine pro Trieb und die Blütenzahl pro Geschein oder Trieb bzw. die Bonitierung der Gescheinsgröße (siehe 2.4.2.). Die Methode der Bonitierung hat der sehr mühsamen Auszählung der Blüten der Gescheine gegenüber den Vorzug, daß mit relativ geringem Zeitaufwand eine sehr große Anzahl von Individuen erfaßt werden kann.

Die Traubenzahl pro Trieb oder Stock und die Traubengröße (Beerenzahl pro Traube), die im Verlaufe des Sommers festzustellen sind, drücken ebenfalls die Fruchtbarkeit der Knospen bzw. Triebe aus. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Beerenzahl gegenüber der Blütenzahl immer kleiner ist, weil ein Teil der Blüten während oder nach der Blüte abfällt, d.h. verrieselt. Der sog. Verrieselungsgrad ist sortentypisch und hängt von einer Reihe endogener und exogener Faktoren, z.B. den Temperatur- und Feuchteverhältnissen ab, die jedoch in unserem Versuch in den 3 Parzellen nicht verschieden waren: denn Schattierung und Windschutz waren z.Zt. der Rebblüte noch nicht aufgebaut. Wenn dann die Rebblüte vollständig vorüber und der Beerenansatz erfolgt ist, fallen zwar immer noch einzelne Beerchen ab, doch ist dieser Verlust offenbar witterungsunabhängig (82), so daß Schattierung und Windschutz hierauf ohne Einfluß sind. Ganze Gescheine oder junge Trauben wurden von gesunden Pflanzen nicht abgeworfen, d.h. daß die Anzahl der Gescheine pro Stock, vor der Blüte ermittelt, der später festgestellten Traubenzahl pro Stock identisch ist.

3.3.1. Gescheinszahl und Traubenbehang

Die vermutete Nachwirkung von Schattierung und Windschutz 1968 auf den Traubenbehang im Folgejahr wurde im August 1969 ermittelt. Zu dieser Zeit waren die Trauben ausnahmslos gesund und die Beeren noch grün und hart. Bodentrauben waren keine vorhanden. Die Größe der Trauben wurde bei dieser Auszählung nicht mit erfaßt, allerdings blieben kleine Trauben mit weniger als etwa 10 Beeren unberücksichtigt. Da alle Reben in der gesamten Versuchsparzelle gleichmäßig lang auf etwa 10 Knospen pro Tragroute angeschnitten waren, ist ein Vergleich der Zahl der Trauben pro Stock möglich.

Die Unterschiede zwischen schattiertem und nichtschattiertem Bestand sind erheblich! Dies kommt sehr anschaulich in der Häufigkeitsverteilung der Traubenzahl pro Stock zum Ausdruck (Abb. 10): In Sch liegt das Maximum bei 16-20 Trauben, in normal bei 21-25 und in W gar bei 26-30; auffallend ist hierbei die steile Verteilung in normal und die breite in Sch und W. Im Durchschnitt tragen die Stöcke in Sch etwa 1 Drittel weniger Trauben als die anderen (17,7 gegenüber 26,1 und 26,8). Dagegen sind die Differenzen zwischen normal und W "zufällig".

Trotz der ungünstigen, d.h. strahlungsarmen Witterung während der Versuchsperiode 1968, hat sich also die Schattierungsmaßnahme erstaunlich stark auf die Zahl der angelegten Infloreszenzen ausgewirkt. Umgekehrt zeigte aber, wie erwartet, der Windschutz praktisch keinen Effekt, wenn auch eine positive Tendenz erkennbar ist.

Nach dieser überraschend deutlichen Auswirkung der Schattierung wurde der Einfluß von Sch und W auf die Knospenfruchtbarkeit im 2. Versuchsjahr 1969 genauer analysiert: kurz vor der Reblüte im folgenden Jahr (1970) wurden Gescheinszahl und -größe ermittelt (siehe 2.4.2.).

Die Anzahl der Gescheine pro Trieb war maximal 3; doch dieser Wert wurde nur an 1-4% aller Triebe beobachtet (Tab. 4). Am häufigsten waren 1-2 Gescheine am Trieb inseriert. Dabei zeigen sich aber

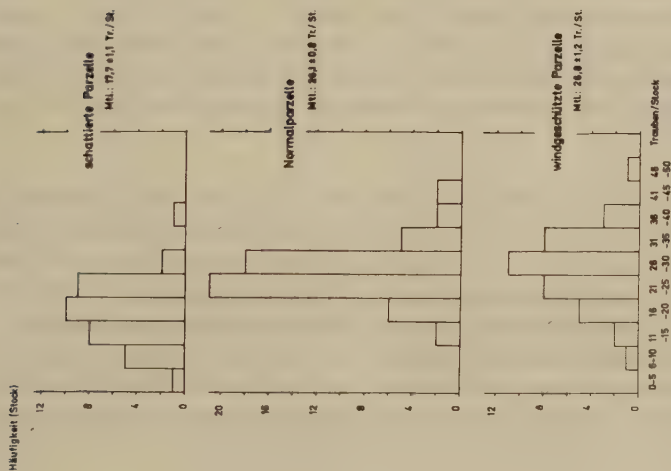


Abb. 10: Traubenzahl pro Stock 1969

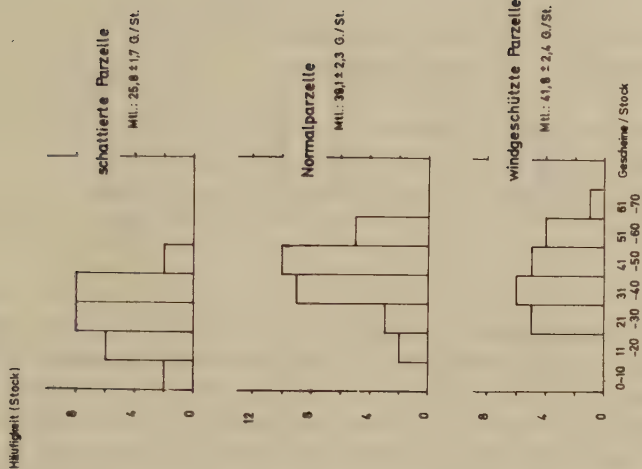


Abb. 11: Gescheinszahl pro Stock 1970

Tab. 4: Häufigkeit der Anzahl der Gescheine pro Trieb (%)

Standort	Anzahl Gescheine				n (Triebe)
	0	1	2	3	
Sch	20,6	65,0	13,4	1,0	603
W	6,6	30,3	58,8	4,3	509
normal	9,4	38,1	49,8	2,7	743

merkliche Verschiebungen in der Häufigkeitsverteilung zwischen den 3 Parzellen: in Sch tragen 65% aller Triebe nur 1 Geschein, 13% 2 Gescheine; in W sind die Anteile 30 bzw. 59%, vergleichbar mit denen in normal, wo sie 38 und 50% betragen. Sch unterscheidet sich also sehr deutlich von den beiden anderen Parzellen; das Maximum der Verteilung ist gesichert zur niedrigeren Gescheinszahl pro Trieb verschoben. Dies zeigen auch die Anteile an rein vegetativen Sprossen (ohne Gescheine), die in Sch 21% aller Triebe ausmachen, in W und normal jedoch nur 7 bzw. 9%. Besonders häufig sind die basalen Triebe, Trieb-Nr. 1 und 2, vegetativ (Tab. 5); und die Schattierung scheint hier nicht so stark zu wirken (Sch 51%, normal 37% vegetative Triebe) wie bei höher stehenden Trieben, wo die Anteile der Triebe ohne Gescheine in Sch viel größer sind als in normal: 42 gegenüber 10% bei den beiden äußersten Trieben Nr. 17 und 18.

Als Mittel aus allen Trieben errechnet sich eine Gescheinszahl pro Trieb in Sch von 1,11, die gesichert kleiner ist als die in W und normal mit 1,62 bzw. 1,46 (Tab. 7). Dieser Unterschied zwischen schattierten und nichtschattierten Reben besteht allerdings bei den beiden basalen Trieben nicht: die Differenzen zwischen Sch und normal sind "zufällig" (Abb. 12); bei allen höher inserierten Trieben sind sie aber signifikant, vor allem oberhalb des 8. Triebs. Die Abhängigkeit der Gescheinszahl von der Insertionshöhe des

Tab. 5: Anzahl der Triebe ohne Gescheine (% aller ausgetriebenen Knospen)

Standort	Trieb-Nr.										n (Triebe)
	1+2	3+4	5+6	7+8	9+10	11+12	13+14	15+16	17+18	1-18	
Sch	51	25	20	12	11	14	23	21	42	21	603
W	32	12	5	4	3	4	2	10	7	7	509
normal	37	10	8	2	8	9	9	10	10	9	743

Tab. 6: Anzahl der ausgetriebenen Knospen (% aller Knospen)

Standort bzw. Variante	Knospen- bzw. Trieb-Nr.										n (Knospen)
	1+2	3+4	5+6	7+8	9+10	11+12	13+14	15+16	17+18	1-18	
Sch	31	80	79	88	88	92	90	96	100	78	738
W	28	88	96	94	89	96	94	98	100	81	644
normal	40	82	87	93	90	99	98	100	96	82	913
red.*	40	80	89	89	87	96	93	100	100	85	278

* im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

Tab. 7: Gescheinszahl pro Trieb und Gescheinsgröße

Standort bzw. Variante	Anzahl der Gescheine pro Trieb	n (Triebe)	Größe der Gescheine (bonitiert)	n (Gescheine)	berechnete +) Gesch.-größe (Anz. Blüten)	gemessene Gesch.-größe (Anz. Blüten)	n (Gesch.)
Sch	1,11 ± 0,05	603	3,04 ± 0,06	667	138 ± 15	137 ± 14	184
W	1,62 ± 0,04	509	3,49 ± 0,07	822	190 ± 14	202 ± 10	225
normal	1,46 ± 0,05	743	3,40 ± 0,05	1084	180 ± 12	177 ± 9	249
red.*	1,63 ± 0,08	236	3,49 ± 0,09	384	190 ± 17	-	-

gesich.

Diff.:

p = 0,05 0,10
 0,01 0,13

+) berechnet aus der bonitierten Gescheinsgröße mittels der Korrelation
 Gescheinsgröße (bonitiert) - Blütenzahl/ Geschein (Abb.18)

* im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

Triebes ist typisch (4, 8, 50, 75, 76, 119, 123, 179): sie ist allgemein sehr klein am unteren Ende der Tragrute (s.o., Anteil der Triebe ohne Gescheine (Tab. 5)), im Bereich des 11.-16. Triebes am größten und nimmt dann wieder ab. Die W-Triebe besitzen, mit Ausnahme des 3. und 4., immer mehr Gescheine als die aus normal, wenn auch die Differenzen meist nicht gesichert sind. Das Mittel aus allen Trieben liegt in W mit $p=0,01$ gesichert höher als in normal (Tab. 7).

Die Mitte August 1969 im Ertrag stark reduzierten Stöcke, red. (siehe 2.4.3.), zeigen jetzt mit 1,63 eine höhere Gescheinszahl pro Trieb als die normal-Stöcke (Tab. 7). Dies trifft besonders für die Triebe 5-16 zu (Abb. 12), wo die Gescheinszahl z.T. signifikant erhöht ist. Ein Einfluß des Traubenbehangs auf die Anzahl der in den Winterknospen angelegten Infloreszenzen ist also offensichtlich, obwohl die Reduktion des Behangs nicht zu Beginn des Versuchs, sondern erst 32 Tage später erfolgte.

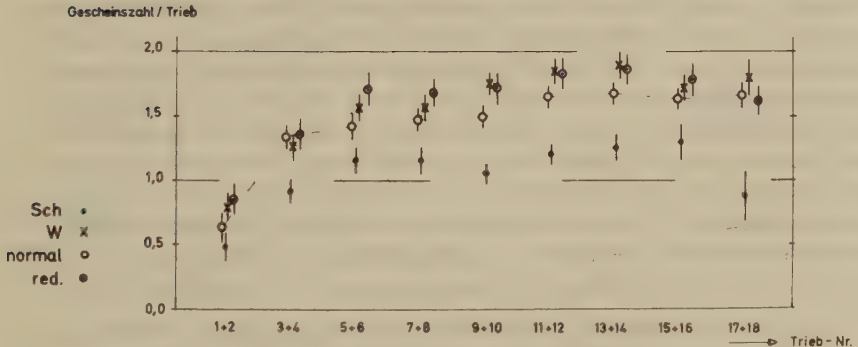


Abb. 12: Gescheinszahl pro Trieb
(n = ca. 2100 Triebe)

red.: im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

Ein Vergleich der Anzahl Gescheine pro S t o c k ist zulässig, weil alle Reben der Versuchsparzelle gleich lang angeschnitten waren. Diese Größe gibt ein anschauliches Bild von der Beeinflussung der Pflanze durch die vorjährigen Schattierungs- und Windschutzmaßnahmen und kennzeichnet als Hauptkomponente gut die Stockertragsverhältnisse. Sie enthält implizit nämlich auch jene Rebknospen, die aus irgendeinem Grund nicht ausgetrieben sind; und das sind immerhin etwa 20%, wobei zwischen Sch, W und normal praktisch keine Unterschiede zu erkennen sind (Tab. 6), was im übrigen die Ergebnisse aus ähnlichen Schattierungsversuchen in Australien (122) bestätigt. Daß die Austriebsbereitschaft der basalen Knospen sehr gering ist, ist eine bekannte Erscheinung und wird durch einen langen Anschnitt der Rebe noch mehr gehemmt (1).

Ferner besteht über die Gescheinszahl pro Stock die Möglichkeit, die 1970 gefundenen Ergebnisse den 1969 ermittelten Traubenzahlen pro Stock gegenüberzustellen, wenn auch ein direkter Vergleich wegen des unterschiedlich langen Rebanschnitts in den beiden Jahren nicht möglich ist.

Die Häufigkeitsverteilung der Anzahl Gescheine pro Stock 1970 (Abb. 11) gleicht der entsprechenden der Traubenzahl pro Stock 1969 (Abb. 10). Wegen der geringeren Anzahl an Einzelstöcken (siehe 2.1.5.) sind die Klassen jetzt doppelt so groß gewählt. Die unterschiedliche Lage der Häufigkeitsmaxima der Sch-Stöcke einerseits und der normal- und W-Stöcke andererseits ist zwar zu erkennen, die tatsächlichen Verhältnisse gibt diese Darstellung aber nur undeutlich wieder. Denn die Mittelwerte unterscheiden sich stark! 25,8 Gescheinen pro Stock in Sch stehen 39,1 bzw. 41,8 in normal und W gegenüber, oder: der Behang ist als Folge der Schattierung 1969 um etwa 34% verringert. Diese Reduktion ist kaum größer als die im Vorjahr als Folge der Schattierung 1968 beobachtete (32%).

Berücksichtigt man aber den Umstand, daß die Anfangsbedingungen für die Versuchsperiode 1969 bezüglich des Behangs im schattierten und unschattierten Bestand ungleich waren (geringer Behang in Sch als Auswirkung der Schattierung 1968 und "normaler" in normal und W), so muß aus der an Hand der red.-Stöcke gefundenen und auch

bei anderen Untersuchungen (7, 78, 122) festgestellten Abhängigkeit der Zahl der Gescheine pro Trieb vom Ertrag des Vorjahres gefolgert werden, daß bei gleichem Behang 1969 in allen 3 Parzellen die 1970 gefundenen Differenzen in der Gescheinszahl pro Stock zwischen Sch einerseits und normal und W andererseits größer ausgefallen wären als tatsächlich gemessen. Quantitative Angaben über eine mögliche "Korrektur" dieser Differenzen sind anhand der red.-Stöcke möglich, weil diese ja auf etwa Sch-Behang ausgedünnt waren. Die Auszählung in red. ergab den Durchschnittswert $45,2 \pm 4,4$ Gescheine pro Stock - und damit verglichen ist der Wert in Sch um 43% niedriger. Fast dasselbe Resultat erhält man, wenn man von der mittleren Gescheinszahl pro Trieb in normal und red. ausgeht (Tab. 7): bei einer mittleren Triebzahl pro Stock von 30 erhöht sich die Gescheinszahl von 39,1 in normal um $30 \cdot 0,17 = 5,1$ auf 44,2 in red.. Es kann also geschlossen werden, daß bei 1969 gleichem Behang in normal wie in Sch die Anzahl der 1970 festgestellten Gescheine pro Stock als Folge der vorjährigen Schattierung in Sch um wenigstens 43% niedriger gelegen hätte als in normal.

Eine Erklärung für die in den beiden Jahren verschieden großen Differenzen im Behang der schattierten und nichtschattierten Reben kann in der sehr unterschiedlichen Sommerwitterung gesehen werden. Während der strahlungsarmen Versuchsperiode 1968 waren die bestandsmeteorologischen Gegensätze zwischen Sch und normal insgesamt nicht so groß wie 1969 (siehe 3.1.), und dementsprechend waren die unterschiedlichen Wachstumsbedingungen für die Pflanze in Sch und normal 1968 weniger ausgeprägt als 1969. Und da ein Einfluß der Schattierung auf die Infloreszenzzahl pro Knospe oder allgemein den Behang durch die gefundenen Resultate außer Zweifel steht, ist eine stärkere Wirkung 1969 als 1968 nur "natürlich"; und diese manifestierte sich eben in der größeren Differenz der Gescheinszahl pro Stock zwischen normal und Sch - gleicher Behang in beiden Parzellen vorausgesetzt.

Der 1970 zwischen normal und W gefundene Unterschied hat dasselbe Vorzeichen wie im Vorjahr (W > normal) und ist größer, aber doch so gering, daß ihm kaum Bedeutung zukommen kann.

3.3.2. Die Größe der Gescheine

Die Bonitierung der Größe (siehe 2.4.2.) nahezu aller Gescheine zeigt wiederum deutlich die Beeinflussung der K n o s p e n - f r u c h t b a r k e i t durch Schattierungs- und Windschutzmaßnahmen während des Sommers 1969. Als "Ersatz" für die Blütenzahl pro Knospe bzw. Trieb dient die Summe der Bonitierung der Gescheine am Trieb, also mittlere Gescheinsgröße (bonitiert) und mittlere Anzahl der Gescheine pro Trieb zusammengefaßt.

Diese Summe ist im Durchschnitt an allen Sch-Trieben geringer als an den anderen (Abb. 13) und zwar nehmen die Unterschiede mit der Insertionshöhe des Triebes zu. Ebenso wie die Gescheinszahl (3.3.1.) ist die Fruchtbarkeit insgesamt an den untersten Knospen bzw. Trieben gering und steigt zunächst rasch, dann langsam mit der Insertionshöhe an, um einen Höchstwert bei der 13.-15. (Sch) oder 16.-18. (normal) Knospe (Trieb) zu erreichen.

Die Triebe in W zeigen fast durchweg eine höhere Knospenfruchtbarkeit als die in normal, und auch die Stöcke mit dem reduzierten Behang (red.) weichen positiv von jenen ab.

Betrachtet man die durchschnittliche G r ö ß e der Gescheine, so bietet sich dasselbe Bild (Abb. 14): kleine Gescheine an den unteren, basalen Trieben, zunehmende Gescheinsgröße mit der Trieb-Insertionshöhe. Die Differenzen zwischen schattierten und nicht-schattierten Reben sind bis zum 4. Trieb gering, vom 7. bis 18. Trieb etwa gleichbleibend groß und hochsignifikant. Dagegen sind die Unterschiede zwischen normal, W und red. "zufällig", ausgenommen die Triebe 15-18, wo red. gesichert größere Gescheine besitzt als normal.

Im Mittel aller Gescheine sind diejenigen in Sch mit 3,04 bonitiert und damit gesichert kleiner als die der anderen Varianten mit 3,40 und 3,49 (Tab. 7); W- und red.-Gescheine sind nur "zufällig" größer als die in normal.

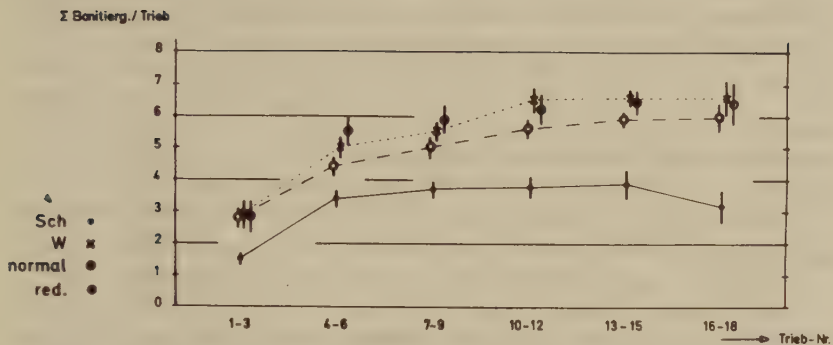


Abb. 13: Fruchtbarkeit der Triebe
 (Aufsummierung der bonitierten Größe aller
 Gescheine am Trieb; n = ca. 2100 Triebe)

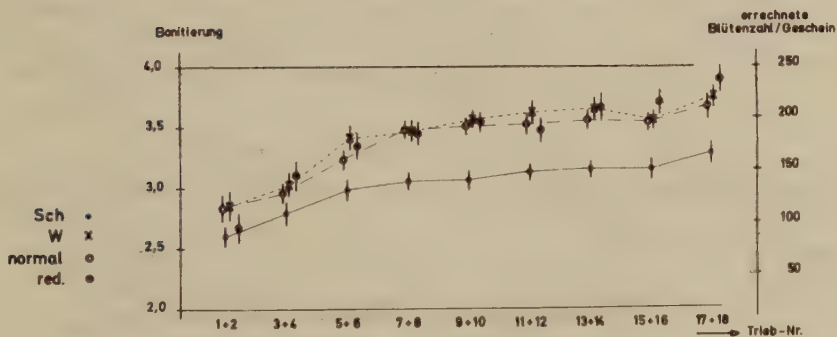


Abb. 14: Mittlere Gescheinsgröße (bonitiert;
 n = ca. 3000 Gescheine)

red.: im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

Tab. 8: Größe und Insertionshöhe des 1. Gescheins am Trieb (Sproß)

Standort bzw. Variante	Größe des Gescheins (bonitiert)	n (Gescheine)	berechnete ⁺⁾ Gesch.-größe (Anz.Blüten)	Insertionshöhe am Sproß
Sch	3,18 ± 0,03	479	155 ± 9	3,89 ± 0,05
W	3,75 ± 0,04	476	221 ± 9	3,71 ± 0,06
normal	3,70 ± 0,04	673	215 ± 8	3,87 ± 0,04
red.*	3,79 ± 0,06	218	226 ± 12	3,67 ± 0,08

gesich.Diff.:

p = 0,05
0,01

0,17
0,23

+) berechnet aus der bonitierten Gescheinsgröße mittels der Korrelation Gescheinsgröße (bonitiert) - Blütenzahl/Geschein (Abb. 18)

* im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

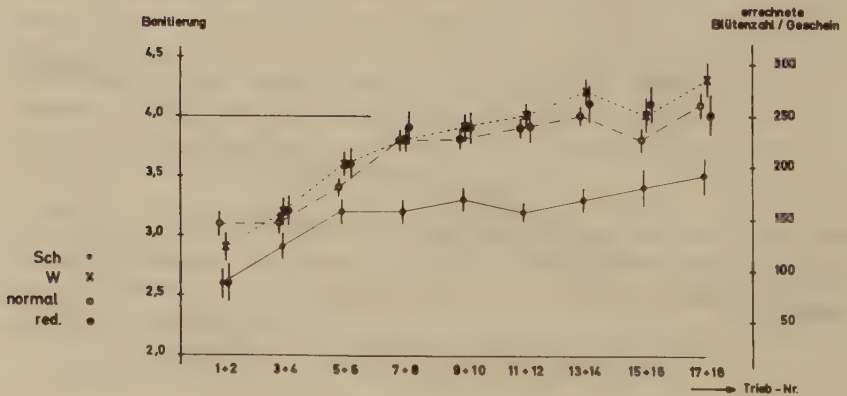


Abb. 15: Mittlere Größe des 1. Gescheins am Trieb (bonitiert; n = ca. 1850 Gescheine)
red.: im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

Überdurchschnittlich groß sind erwartungsgemäß die jeweils erst inserierten Gescheine am Trieb (siehe Abb. 2), denn die Gescheine werden in der Regel mit zunehmender Insertionshöhe am Trieb kleiner (3, 7). Die erstinserierten Gescheine an Sch-Trieben wurden im Mittel mit 3,18 bewertet, die an den anderen mit 3,70-3,79 (Tab. 8). Auch hier sind die Differenzen zwischen schattiert und unschattiert hochsignifikant, die zwischen normal, W und red. aber "zufällig".

Die Abhängigkeit der Größe des 1. Gescheins von der Insertionshöhe des Triebs an der Tragrute (Abb. 15) stimmt mit der des "mittleren Gescheins" (Abb. 14) überein; an den ersten beiden wurden sie durchschnittlich mit 2,6-3,1 bonitiert, oberhalb des 6. Triebs mit 3,8-4,3 (nicht schattiert) bzw. 3,2-3,5 (Sch). Während die Unterschiede zwischen Sch und normal bis zur 6. Insertionshöhe kaum gesichert sind, sind die 1. Gescheine oberhalb des 6. Triebs in normal immer hochsignifikant größer als in Sch.

Die Insertionshöhe des 1. Gescheins am Trieb scheint durch Schattierung und Windschutz beeinflusst worden zu sein. Zwar ist es in 90-93% der Fälle, gleichermaßen in Sch, W und normal, am 3. oder 4. Nodium inseriert, doch ist das Maximum der Häufigkeiten beim 4. Nodium in Sch markanter als in normal oder gar W (Tab. 9). Auch die Anteile der 2. oder 5. Insertionshöhe deuten an, daß das 1. Geschein in Sch im Durchschnitt höher, in W niedriger inseriert ist als in normal. Die Mittelwerte (Tab. 8) bestätigen diese Verhältnisse jedoch nicht sehr deutlich, denn die Unterschiede Sch-normal sind nicht, die W-normal kaum gesichert.

Tab. 9: Häufigkeit der Insertionshöhe des 1. Gescheins am Trieb (%)

Standort bzw. Variante	Nodium				n (Gescheine)
	2.	3.	4.	5.	
<u>Sch</u>	0,0	24,0	65,6	10,4	479
<u>W</u>	0,7	34,6	57,8	6,9	476
<u>normal</u>	0,7	31,0	62,2	6,1	673
<u>red.*</u>	2,3	35,8	57,3	4,6	218

* im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

Als Ergänzung zur Schätzung der Gescheinsgröße (Bonitierung) wurde an einer kleinen Auswahl von Stöcken die B l ü t e n - z a h l pro Geschein und Trieb (siehe 2.4.2.) ermittelt, um einerseits Meßwerte der Knospenfruchtbarkeit zu erhalten und um andererseits die Güte der vorgenommenen Bonitierung zu überprüfen.

Die mittlere Blütenzahl pro Trieb beträgt an den ersten 3 Trieben der Tragroute 60-100, ohne gesicherte Unterschiede zwischen Sch, normal und W (Abb. 16). Sie steigt mit der Trieb-Insertionshöhe rasch an und erreicht einen durchschnittlichen Höchstwert am 10.-12. Trieb mit 213 in Sch, 352 in normal und 468 in W. Dann nimmt die Blütenzahl besonders in Sch wieder ab. Die Unterschiede zwischen schattiertem und unschattiertem Bestand sind oberhalb des 3. Triebes immer gesichert, und auch die W-Werte liegen oberhalb des 9. Triebes gesichert höher als die in normal. Dies letztere harmonisiert allerdings nicht mit der Summe der Bonitierung pro Trieb (Abb. 13), mit der ja zu vergleichen ist. Hier hatten sich zwischen normal und Sch viel größere Unterschiede ergeben als zwischen normal und W, während jetzt die Blütenzahl oberhalb des 9. Triebes an normal-Trieben von der an W-Trieben fast genauso stark abweicht wie von der an Sch-Trieben.

Dieselbe Diskrepanz zeigt sich, wenn man die Größe des 1. Gescheins, bonitiert (Abb. 15), mit der Blütenzahl des 1. Gescheins (Abb. 17) vergleicht: praktisch keine gesicherten Differenzen zwischen normal und W im ersten, häufig gut gesicherte dagegen im zweiten Fall (Trieb-Insertionshöhe >4).

Als Mittelwert für alle ausgezählten Gescheine (180-250 pro Versuchsparzelle) wurde eine Blütenzahl von 137 ± 14 (Sch), 177 ± 9 (normal) und 202 ± 10 (W) festgestellt (Tab. 7: gemessene Gescheinsgröße). Diesen Werten stehen die Bonitierungen $3,04 \pm 0,06$, $3,40 \pm 0,05$ und $3,49 \pm 0,07$ gegenüber, welche einen geringeren Größenunterschied der W-Gescheine zu denen aus normal und Sch ausdrücken.

Blütenzahl / Trieb

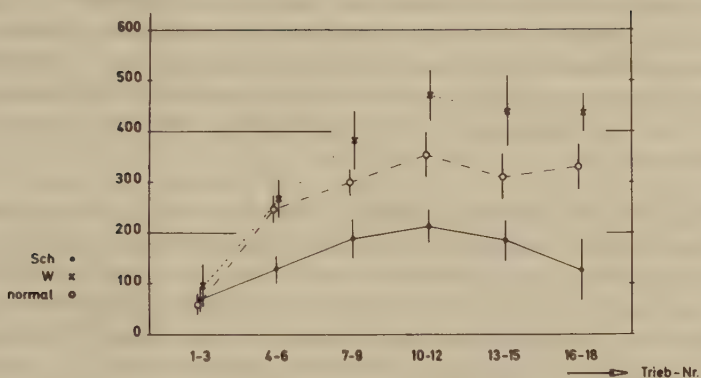


Abb. 16: Mittlere Blütenzahl pro Trieb
(gemessen; n = ca. 430 Triebe)

Blütenzahl / Geschein

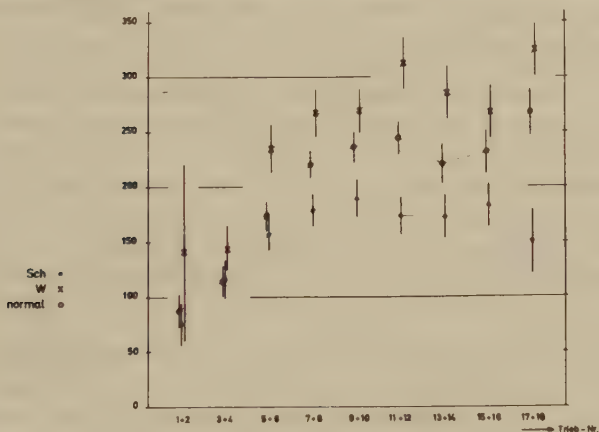


Abb. 17: Mittlere Blütenzahl des 1. Gescheins am Trieb
(gemessen; n = ca. 360 Gescheine)

Da die ausgezählten Gescheine nur eine Stichprobe aus der Gesamt-Stichprobe der bonitierten, d.h. nahezu aller zur Verfügung stehenden, darstellen und ihre Anzahl nur etwa 1 Viertel der bonitierten Gescheine ausmacht, ist anzunehmen, daß die Bonitierung ein zutreffenderes Resultat liefert als die Blütenzählung - allerdings nur dann, wenn die Methode der Gescheinebonitierung als gutes Maß für die Gescheinsgröße, d.h. die Blütenzahl pro Geschein, gelten kann.

Im Vergleich identischer Gescheine (die ausgezählten waren zuvor bereits bonitiert worden) war ein guter Zusammenhang zwischen bonitierter Größe und Blütenzahl nachzuweisen (Abb. 18), so daß nun eine Umrechnung aus Bonitierung in Blütenzahl pro Geschein möglich ist. Jetzt zeigt sich, daß sowohl Schätzung wie Blütenzählung in Sch und normal praktisch zur selben mittleren Gescheinsgröße führten, nämlich 138/137 bzw. 180/177 Blüten pro Geschein (Tab. 7); in W hat sie sich durch die Auszählung der Blüten offenbar "zufällig" zu hoch ergeben (202 gegenüber 190).

In den entsprechenden Graphiken und Tabellen konnten nun die aus der gefundenen Relation Gescheinsgrößenbonitierung - Blütenzahl pro Geschein errechneten Blütenzahlen den angegebenen Bonitierungswerten beigelegt werden (Abb. 14 und 15, Tab. 8 (und 7)).

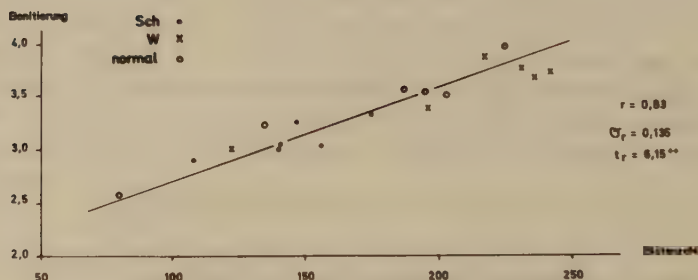


Abb. 18: Zusammenhang zwischen bonitierter Gescheinsgröße und Blütenzahl/ Geschein
(jeder Wert ist das Mittel aus 15-45 Gescheinen)

3.3.3. Die Größe der Trauben

Während der Versuchsperioden 1969 und 1970 wurde die mittlere Traubengröße (Anzahl Beeren pro Traube) in Sch, W und normal jeweils aus der Gesamtheit aller Probenahmen ermittelt. Dabei ist zu vermerken, daß immer nur Trauben der 1. und 2. Insertionshöhe am Sproß geerntet wurden; eine 3. Traube, die immer kleiner als die beiden ersten war, war ohnehin nur selten vorhanden (siehe 3.3.2. und Tab. 4). Ferner wurde darauf geachtet, daß die zur Probe verwendeten Trauben immer gesund und vollständig waren und keine Beeren fehlten; dies war besonders gegen Ende der Saison von Bedeutung, wenn Traubenfäulnis und Stiellähme verbreitet auftraten. So ist gewährleistet, daß, obgleich sich die Probenahmen über mehrere Wochen erstreckten, eine repräsentative Stichprobe aus jeder Versuchsparzelle genommen wurde und jeweils alle Probenahmen in Sch, W und normal zusammengefaßt als eine einzige betrachtet werden können.

Bei einer Gegenüberstellung der mittleren Beerenzahl pro Traube aus beiden Jahren (Tab. 10) fällt zweierlei besonders auf: 1. die Trauben sind 1970 größer als 1969 und 2. die Größenunterschiede zwischen Trauben aus schattiertem und unschattiertem Bestand sind ebenfalls 1970 größer als 1969.

Die im zweiten Versuchsjahr 1969 festgestellten Traubengrößen von 61, 68 und 69 Beeren in Sch, W und normal zeigen zwar die Tendenz, daß die Schattierung des Vorjahres offenbar eine Verkleinerung der Beerenzahl bewirkt, jedoch ist dieser Effekt statistisch wenig gesichert. Anders 1970: der Unterschied zwischen 71 Beeren einerseits (Sch) und 99 bzw. 104 andererseits (normal und W) ist hochsignifikant. Zwischen W und normal bestehen beide Male nur "zufällige" Differenzen, wenn auch 1970 eine positive Abweichung in W besteht.

Die Schattierung muß also 1969 stärker gewirkt haben als 1968, denn die Traubengröße, wie sie im Folgejahr beobachtet wird, hängt außer vom Blühverlauf (Verrieselungsgrad) weitgehend von der Witterung des vorigen Sommerhalbjahres ab (s. S. 30). Und der Blühverlauf kann für die Reben in Sch und normal als gleichartig angenommen werden, denn 1969 wie 1970 war ja zur Zeit der Blüte die Schattie-

Tab. 10: Traubengröße, Gescheinsgröße und Verrieselungsgrad
(nur Trauben bzw. Gescheine der 1. und 2. Insertionshöhe am Trieb)

Standort	1 9 6 9 :		1 9 7 0 :		Gesch.-größe (bonitiert)	n (Gesch.)	berechnete ⁺ Verrieselungs- gesch.-größe (Anz. Blüten)	Verrieselungs- grad (%)
	Beer.pro Traube (Traubengröße)	n (Trauben)	Beer.pro Traube (Traubengröße)	n (Trauben)				
Sch	61 ± 2	128	71 ± 3	67	3,06 ± 0,06	661	140 ± 15	49
W	68 ± 3	117	104 ± 5	62	3,57 ± 0,08	800	200 ± 14	48
normal	69 ± 2	123	99 ± 5	67	3,48 ± 0,05	1064	189 ± 12	48

gesich.

Diff.:

p = 0,05

0,01

8

11

13

19

⁺ berechnet aus der bonitierten Gescheinsgröße mittels der Korrelation
Gescheinsgröße (bonitiert) - Blütenzahl / Geschein (Abb.18)

rung (noch) nicht aufgebaut. Als Hinweis auf einen gleichartigen Verlauf der Blüte kann der Verrieselungsgrad gelten, der sich aus der Gescheinsgrößenbonitierung mit Umrechnung in Blütenzahl pro Geschein und der beobachteten Beerenzahl pro Traube ergibt. Er ist 1970 mit 49 bzw. 48% in Sch und normal praktisch gleich groß (Tab. 10), und der Beerenansatz ist als "normal" zu bezeichnen. denn die sich entwickelnden Trauben wiesen keinerlei Anzeichen überstarken "Rieselns" auf, sondern waren kompakt und geschlossen in der Form und nicht lockerbeerig.

Dagegen war die Witterung der Sommerhalbjahre 1968 und 1969 sehr verschieden (3.1.) und im strahlungsreichen 1969 der bestandsmeteorologische Gegensatz zwischen Sch und normal viel stärker ausgeprägt als 1968. So zeigt sich hier in der Traubengröße zum zweiten Mal nach der Trauben- bzw. Gescheinszahl pro Stock (3.3.1.) die verschieden starke Auswirkung der Schattierung in den beiden witterungsmäßig sehr unterschiedlichen Versuchsperioden, und zwar diesmal überaus deutlich.

Auch die 1970 größeren Trauben gegenüber 1969 können mit der günstigen Witterung während der Versuchsperiode 1969 erklärt werden, in der größere Gescheine (Infloreszenzen) in den Winterknospen angelegt wurden als in derselben Zeit 1968. Doch darf bei einer derartigen Gegenüberstellung der Verlauf der Blüte 1969 und 1970 als mitbestimmender Faktor für die Traubengröße nicht außer acht gelassen werden. Und hier sind ohne Zweifel die Witterungsbedingungen während der Zeit der Rebblüte von ausschlaggebender Bedeutung. Feuchtes und kühles Wetter verzögert den Blühvorgang und hat schließlich einen schlechten Beerenansatz zur Folge, wogegen bei sonnig-warmer Witterung die Blüte innerhalb weniger Tage abläuft und Verrieselungsschäden ausbleiben (35, 45, 82, 103, 129). Unsere Versuchsrebsorte blühte in beiden Jahren zwischen dem 20. 6. und 10. 7. jeweils 2-3 Wochen lang, 1969 einige Tage eher als 1970. In beiden Jahren war die Witterung während dieser Zeit uneinheitlich: es traten sonnig-warme, kühle, trockene und Regentage auf (Abb. 4b + c), so daß angenommen werden kann, daß die Blüte in beiden Jahren etwa in derselben Weise verlaufen ist. Jedenfalls darf ausgeschlossen werden, daß die 1970 gegenüber 1969 um etwa 45% größere Beerenzahl pro Traube in normal durch ungleichen Blühverlauf und Beerenansatz in beiden Jahren zustande kam;

vielmehr wird die Ursache in der sehr unterschiedlichen Witterung der jeweils vorjährigen Versuchsperiode liegen.

3.3.4. Der Stockertrag

Der Einfluß von Schattierungsmaßnahme und Windschutz wirkt sich über mehrere Komponenten auf den Mengenertrag des Einzelstocks aus: über die Gescheins- bzw. Traubenzahl pro Trieb, die Beerenzahl pro Traube und das Einzelbeerengewicht (siehe 3.4.2.). Die Anzahl der Triebe pro Stock, durch die der Stockertrag weitgehend regulierbar ist, war zwar 1970 viel größer als in den beiden Jahren davor, aber in jedem der 3 Jahre erfolgte der Anschnitt in den 3 Versuchspartzellen so gleichmäßig wie möglich, so daß für jedes Jahr die Stockerträge in Sch, W und normal untereinander vergleichbar sind. Auftretende Unterschiede zwischen ihnen sind also auf eine oder mehrere der o.a. 3 Ertragskomponenten zurückzuführen, nicht jedoch auf den Anschnitt, d.h. die Knospenzahl pro Stock.

In der sog. S t o c k b e l a s t u n g, als die die Traubenzahl pro Stock und Beerenzahl pro Traube, d.h. die Beerenzahl pro Stock bezeichnet werden kann, bestehen also zwischen normal und Sch 1970 größere Unterschiede als 1969. Während 1969 die Traubenzahl pro Stock in Sch um 32% geringer war als in normal (s. S. 38) und

Tab. 11: Stockbelastung

Jahr	Standort	Traubenzahl pro Stock	X	Beer./Traube (Traubengröße)	=	Beerenzahl pro Stock
1969	Sch	18 ± 1		61 ± 2		1098 ± 76
	W	27 ± 1		68 ± 3		1836 ± 176
	normal	26 ± 1		69 ± 2		1794 ± 75
1970	Sch	26 ± 2		71 ± 3		1847 ± 141
	W	42 ± 2		104 ± 5		4358 ± 313
	normal	39 ± 2		99 ± 5		3861 ± 300

die Trauben um 8 Beeren ($\pm 12\%$) kleiner (Tab. 10), betrugen die entsprechenden Differenzen 1970 34% (s. S. 38) und 28 Beeren ($\pm 28\%$). Die Beerenzahl pro Stock errechnet sich daraus 1969 zu 1100 in Sch und 1800 in normal, 1970 dagegen zu 1850 und 3860 (Tab. 11) oder: 1969 war die Stockbelastung in Sch um 39% geringer als in normal, 1970 dagegen um 52%.

An dieser Stelle soll auch eine Abschätzung der Stockbelastung im ersten Versuchsjahr 1968 gegeben werden. Damals wurden ja keine Angaben über Traubenzahl pro Trieb oder Stock und Traubengröße aufgenommen. Es läßt sich aber aus dem schließlich gemessenen mittleren Stockertrag, dem Einzelbeerengewicht und dem Tatbestand eines gleichen Rebschnitts 1968 und 1969 durch Vergleich der beiden Jahre nachträglich feststellen, daß die Stockbelastung 1968 größer gewesen sein muß als 1969. Der nahezu gleiche Stockertrag im unschattierten Bestand in beiden Jahren und die 1968 deutlich kleineren Beeren (Tab. 12) sprechen für eine um etwa 15% geringere Stockbelastung (Beerenzahl pro Stock) 1969 gegenüber dem Vorjahr. Aus einer anderen Quelle (50), in der Untersuchungen aus demselben Zeitraum und ebenfalls aus dem pfälzischen Weinbaugebiet mitgeteilt werden, kann man auf eine noch größere Differenz schließen: beim Riesling, vergleichbar mit unserer Versuchsrebsorte, war die Beerenzahl pro Trieb 1969 30% kleiner als 1968. Trotz gleicher Triebzahl pro Stock in den beiden Jahren muß also angenommen werden, daß die Beerenzahl pro Stock 1969 niedriger lag als 1968, möglicherweise um 15-20%. Verständlich wird diese Tatsache sofort, wenn man die Witterung des Sommers des jeweiligen Vorjahres betrachtet und sich an die Bedeutung der Umweltfaktoren für die Knospenfruchtbarkeit, damit den Behang im Folgejahr erinnert. 1967 gab es in den 3 Monaten Juni bis August 231 mm Regen, 701 h Sonnenschein, und die Lufttemperatur betrug im Mittel $17,9^{\circ}\text{C}$ (Klimastation); für 1968 lauten die entsprechenden Werte 359 mm, 531 h und $16,8^{\circ}\text{C}$. Auf das langjährige Mittel bezogen, bedeutet dies Abweichungen im Jahre 1967 um -4% (Regen), +5% (Sonnenscheindauer) und $+0,1^{\circ}\text{C}$, 1968 dagegen von +49%, -20% und $-1,0^{\circ}\text{C}$. Die günstige Sommerwitterung 1967 war einer hohen Knospenfruchtbarkeit förderlich und ließ relativ viele und große Gescheine im nächsten Jahr erwarten, wogegen 1968 bei weit unteroptimalen Bedingungen Knospenfruchtbarkeit und Ertragserwartungen für 1969 gering bleiben mußten.

Tab. 12: Lesedaten Mitte Oktober 1968 - 1970

Jahr	Versuchs- parzelle	Most- gewicht (°Oe)	freie titr. Säure (‰)	Gesamt- säure (‰)	Beerenzucker pro Stock (g)	Einzelbeeren- gewicht (g)	Stock- Flächen- ertrag (kg) (kg/ha)
1968	Sch	52	17,5	21,1	97	1,4	1,8 120
	W	61	15,3	19,0	172	1,9	2,6 173
	normal	60	15,8	19,4	169	1,9	2,6 173
1969	Sch	54	19,2	24,0	59	1,5	0,9 60
	W	61	17,0	21,7	198	2,2	2,5 167
	normal	62	16,9	21,6	209	2,2	2,6 173
1970	Sch	57	16,6	21,8	141	1,6	1,8 120
	W	48	18,2	23,2	190	1,3	3,0 200
	normal	46	17,9	22,7	190	1,3	3,2 213

Der geringe Stockertrag in Sch 1 9 6 8 gegenüber W und normal (Tab. 12) ist praktisch allein mit dem geringen Gewicht der Beeren erklärbar, das etwa nur $\frac{3}{4}$ desjenigen der anderen beträgt: die Schattierung der Reben hat ein deutlich verringertes Beerenwachstum zur Folge (siehe 3.4.2.). Denn Traubenzahl pro Stock und Beerenzahl pro Traube, als die beiden im Vorjahr und durch den Blühverlauf festgelegten Komponenten, waren in allen 3 Versuchspartzellen zu Beginn der 1. Versuchsperiode im Durchschnitt gleich groß. Es war nämlich bis zu dieser Zeit im Bereich der Versuchspartzelle nie mit den Pflanzen experimentiert worden, vielmehr hatten sie immer dieselbe Behandlung, Düngung, Schnitt usw. erfahren. Alle Reben, die dann in die Gruppen Sch, W und normal unterschieden wurden, hatten also bis zum Versuchsbeginn im Juli 1968 dieselbe Vorgeschichte gehabt.

In die Stockerträge 1 9 6 9 (Tab. 12) gehen nun zusätzlich zur wiederum sehr unterschiedlichen Beerengröße (1,5 g in Sch, 2,2 in W und normal), die die aktuelle Folge des Experiments 1969 darstellt, die Nachwirkungen der vorjährigen Schattierungs- und Windschutzmaßnahmen ein: ein stark reduzierter Traubenbehang in Sch, ein leicht erhöhter in W und im Mittel kleinere Beerenzahl pro Traube in Sch gegenüber W und normal. Dazu tritt als weiterer Effekt die Beeinflussung des Beerenwachstums, also auch des Beeren gewichts zur Zeit der Lese, durch den Behang oder die Stockbelastung. Bei starkem Behang bleiben die Beeren relativ klein, schwacher Behang führt im Durchschnitt zu größeren Beeren (siehe 3.4.2.). Dem durch Schattierung gehemmten Beerenwachstum in Sch ist also die wachstumsfördernde Wirkung des relativ geringen Behangs überlagert; dennoch bleiben schließlich die Beeren beträchtlich kleiner als in W oder normal. Als Resultat ergibt sich ein sehr niedriger Stockertrag (0,9 kg) in der schattierten Parzelle, während zwischen W und normal praktisch kein Unterschied besteht (2,5 bzw. 2,6 kg).

Im Versuchsjahr 1 9 7 0 waren, wie bereits erwähnt, Schattierung und Windschutz nicht mehr aufgebaut und außerdem die Reben sehr lang angeschnitten (siehe 2.4.2.). Wiederum wurde in Sch ein relativ geringer Ertrag festgestellt (1,8 kg pro Stock), etwa 40%

weniger als in W oder normal (3,0 bzw. 3,2 kg)(Tab. 12). Wie im Jahr zuvor, so sind auch diesmal am Zustandekommen dieser Ertragsdifferenzen alle 3 Komponenten beteiligt: ein geringer Traubenbehang und relativ wenig Beeren pro Traube in Sch, verursacht durch die vorjährige Schattierung und ein im Vergleich mit normal nur unwesentlich stärkerer Behang in W als Folge der Windschutzmaßnahme; dazu kommt das unterschiedliche Einzelbeerengewicht von 1,6 g in Sch und 1,3 g in W und normal. Bei der fehlenden Schattierung kommt in diesem Jahr der geringe Behang in Sch in den größeren Beeren zum Ausdruck, sodaß diese Komponente diesmal der Differenzbildung entgegenwirkt.

Im geringen Traubenbehang und der kleinen Beerenzahl pro Traube in Sch ist auch der Einfluß des bereits im Vorjahr geringen Behangs (s. o.) auf die Bildung der Infloreszenzen während der Versuchsperiode 1969 mitenthalten (s. S. 39). Während im Vorjahr, 1969, dem Folgejahr der ersten Schattierungsversuche, ausschließlich ertragsmindernde Effekte dieser Maßnahme festzustellen waren (Reduktion von Traubenbehang, Beerenzahl pro Traube und Einzelbeerengewicht), werden 1970, also nach zwei Versuchsperioden mit Schattierung, zusätzlich Elemente erkennbar, die diesen Effekten entgegenwirken. Die ungleichen Ausgangsbedingungen in den 3 Parzellen nach dem ersten Versuchsjahr, d.h. vor allem der geringe Traubenbehang in Sch, stellen neben der experimentellen Variation der bestandsmeteorologischen Bedingungen eine endogene Variante dar, die in ihrer Auswirkung ausnahmslos den Folgen der meteorologischen Differenzierung entgegengerichtet ist. Der durch Schattierung erniedrigte Ertrag z.B. fördert nun seinerseits z.B. das Wachstum der Beeren (siehe 3.4.2.) und die Ausbildung der Infloreszenzen, somit den Ertrag im Folgejahr 1970.

3.4. Das Wachstum der Traubenbeeren

Nachdem im vorangegangenen Kapitel (3.3. Knospenfruchtbarkeit und Ertragskomponenten) ausschließlich Ergebnisse mitgeteilt worden sind, die jeweils nach A b s c h l u ß der beiden Versuchsperioden gewonnen wurden, sollen im folgenden die Beobachtungen über die Beerenentwicklung w ä h r e n d der Versuchsperioden dargelegt werden. Sie lassen direkt erkennen, welche Auswirkungen Windschutz und Schattierung oder überhaupt besonders markante Witterungsverhältnisse auf Wachstum und Reifung der Beeren während der verschiedenen Wachstumsphasen haben. Im Falle der untersuchten Knospenfruchtbarkeit konnten dagegen die gefundenen Resultate nur der Versuchsperiode als Ganzes, d.h. der summarischen Wirkung aller während ihrer Andauer auf die Pflanze einwirkenden ökologischen Faktoren, gegenübergestellt werden, wenn auch der im Triebwachstum und in der Ausbildung der Winterknospen während des Sommers enthaltene Zeitfaktor bei einer genauen Analyse der Ergebnisse vielleicht wieder zutage treten mag (z.B. in der Abhängigkeit der Fruchtbarkeit der Knospe bzw. des Triebs von der Insertionshöhe an der Tragrute, d.h. vom Zeit"punkt" der Infloreszenzdetermination).

Da jedoch das Wachstum der Traubenbeeren nicht allein von Umwelt-, sondern auch von endogenen Faktoren abhängt, dürfen bei den folgenden Betrachtungen die wesentlichen Ergebnisse aus Kapitel 3.3. nicht unberücksichtigt bleiben. So war z.B., wie erwähnt, der Bestand der Stöcke im 1. Versuchsjahr in allen 3 Parzellen gleich, wogegen sich im 2. und 3. Jahr infolge der Schattierung eine starke Ertragsreduktion in Sch herausstellte (3.3.4.). Nach der sog. Menge-Güte-Regel (12, 155) ist aber, wenigstens in einem gewissen Bereich und unter sonst konstanten Bedingungen, bei abnehmendem Stockertrag mit einer Steigerung der Traubenqualität (Zuckergehalt) - und umgekehrt zu rechnen; d.h. die zu erwartende Einbuße an Traubenmostqualität infolge stark herabgesetzter Sonneneinstrahlung (in Sch) würde im 2. Versuchsjahr 1969 durch die gegenteilige Wirkung eines relativ geringen Stockertrags vermindert. Meßbare Qualitätsunterschiede zwischen normal- und Sch-Beeren könnten daher nicht direkt als Folge der unterschiedlichen bestandsmeteorologischen

Verhältnisse gedeutet werden. Es wäre vielmehr eine Korrektur wegen Ertragsungleichheit anzubringen.

Zu diesem Zwecke erfolgte eine Überprüfung der "Menge-Güte-Regel" für unsere Versuchsrebsorte im Sommer 1969 an einer Gruppe von normalen Stöcken (siehe 2.4.3.). Sie sollte uns in die Lage versetzen, das Maß dieser unerwünschten Qualitäts"verfälschung" wenigstens abschätzen zu können. Der Ausgang dieses Tests sei daher den Ergebnissen der Beerenuntersuchungen vorangestellt.

3.4.1. Zur "Menge-Güte-Regel"

Wenn auch die Zahl der Stöcke für einen exakten Nachweis der Menge-Güte-Relation an unserer Rebsorte nicht ausreichend war, so zeigte die Ertragsstaffelung doch einen sicheren Einfluß der Quantität auf die Qualität des Ende Oktober geernteten Lesegutes. Im erfaßten Bereich zwischen etwa 1,5 und 2,8 kg pro Stock (entsprechend einem Flächenertrag zwischen 100 und 187 kg/ar) reagierte die Rebsorte auf eine Ertragsreduktion um 0,5 kg pro Stock (33 kg/ar) mit einer Zunahme des Traubenmostgewichtes (Maß für den Zuckergehalt) um etwa 3,5° Oechsle (Abb. 19). Die 3 Gruppen der im Ertrag stark reduzierten Rebstöcke (red.) lieferten bei im Durchschnitt 1,7 kg pro Stock (113 kg/ar) einen Traubenmost mit nahezu 58°Oe, die anderen

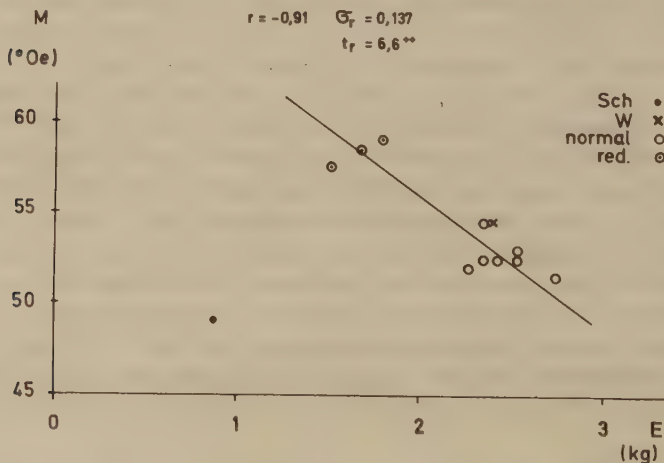


Abb. 19: Abhängigkeit des Mostgewichtes (M) vom Stockertrag (E), 1969

red.: im Ertrag reduzierte "normal"-Stöcke, s.S. 16

normal-Stöcke bei 2,5 kg (167 kg/ar) 6°Oe weniger. Eine Extrapolation der linearen Regression bis zum niederen Stockertrag in Sch ist zwar nicht zulässig (0,9 kg pro Stock bzw. 60 kg/ar würden 64°Oe entsprechen), doch darf wohl trotz der oben gemachten Einschränkung angenommen werden, daß bei ebenso niedrigen Erträgen in normal wie in Sch die Mostqualität am Ende der Saison 1969 in normal wenigstens so hoch wie die der red.-Trauben gewesen wäre, also mindestens 6°Oe höher als tatsächlich gemessen; "wenigstens so hoch" auch deshalb, weil die Ertragsreduktion erst Mitte August und nicht bereits unmittelbar nach der Blüte, zu Beginn des Beerenwachstums, erfolgte. Oder umgekehrt wäre in Sch bei gleichem Behang wie in normal die Mostqualität sicher niedriger ausgefallen als tatsächlich gemessen; über die Größe dieser Differenz müssen quantitative Angaben jedoch unterbleiben, weil die gefundene Menge-Güte-Relation direkt nur für die Normalparzelle gilt und nicht auf die wesentlich anderen Bedingungen im schattierten Bestand übertragen werden darf. Doch soll als nützliche Ergänzung hierzu eine ähnliche Untersuchung aus den USA an der Concord-Rebe erwähnt werden (169), wo im schattierten Bestand als Folge des künstlich reduzierten Traubenbehangs dieselbe Mostgewichtssteigerung erzielt wurde wie im Normalbestand.

Dem hohen Mostgewicht entsprechend waren die red.-Trauben im übrigen auch weniger säurereich; sie enthielten durchschnittlich 14,9‰ freie Säure im Most gegenüber 16,4‰ des normal-Mostes.

Ergänzend sei noch auf die Diskrepanz zwischen den hier (Abb. 19) mitgeteilten Werten und den bei den Lesedaten (Tab. 12) angeführten hingewiesen: Mostgewicht wie Säure sind hier niedriger als dort. Die Unterschiede betragen bei Sch 5°Oe, bei W und normal 7-10°Oe, und die Säuredifferenzen sind 1-2‰. Die Ursache liegt in der verschiedenen Ernte- und Aufarbeitungsmethode. Im einen Fall (Abb. 19) wurden alle Trauben, gesunde wie faule, gelesen und sofort auf einer kleinen Kelter abgepreßt (siehe 2.4.3.). Zur Zeit der Lese herrschte, wie bereits an den Tagen zuvor, mäßig dichter Nebel, und die Trauben waren sehr feucht. Im andern Fall (Tab. 12) wurden nur gesunde Beeren zur Saftgewinnung verwendet.

Diese erfolgte wie üblich im Labor, aber erst nachdem die nebelnassen Beeren entrappt und sorgfältig auf Filterpapier getrocknet waren. Die Diskrepanz läßt sich also wohl als Verdünnungseffekt durch Nebelwasser erklären, zumal die Verhältnisse von Mostgewichts-(MG) und Säure-(S)werten, wie sie nach den beiden verschiedenen Aufarbeitungen gefunden wurden ($MG_1:MG_2$ und $S_1:S_2$), für die Traubenmoste aus allen 3 Parzellen ziemlich einheitlich zwischen 0,85 und 0,94 liegen.

Die ermittelte Menge-Güte-Relation erfuhr übrigens ein Jahr später, 1970, eine unerwartete Bestätigung. Der geringen Belastung der Sch-Stöcke (jetzt ohne Schattierung) zufolge wurden hier höhere Mostgewichte erzielt als in normal und W (Tab. 12), und bei einem Vergleich von Qualität und Quantität des Ertrags aus den 3 Parzellen ergibt sich auch jetzt wieder diese Beziehung: 0,5 kg weniger Ertrag pro Stock führt zu einer Anhebung des Mostgewichts um $3,5^{\circ}\text{Oechsle}$ - hier im Bereich von 46 bis 57°Oe .

3.4.2. Das Einzelbeerengewicht

Die Gewichtszunahme der Beere vom Ansetzen bis zur Reife nimmt in beiden Jahren des Versuchs und in allen 3 Parzellen mehr oder weniger deutlich ausgeprägt den bekannten 3teiligen Verlauf (65, 70, 133, 135, 188, 189): rasches Wachstum zuerst (Phase II), dann ein verhaltenes in der sog. Umstellungs- oder lag-Phase (Phase III) und schließlich wieder eine raschere Gewichtszunahme (Phase IV), die dann allmählich abklingt (Abb. 20). Die unmittelbar mit der Befruchtung beginnende Wachstumsphase I (Phase 0 nach NITSCH et al. (135)), die durch nahezu gleichbleibendes Beerengewicht gekennzeichnet ist, wurde in unseren Untersuchungen nicht erfaßt, weil sie bereits bei der ersten Probenahme beendet war. Daß sich die einzelnen Phasen nicht sehr deutlich gegeneinander abgrenzen, liegt daran, daß die Beeren nicht alle gleich schnell wachsen. Z.B. ist der Wachstumsbeginn mit dem Zeitpunkt des Befruchtens gegeben, und die Wachstumsgeschwindigkeit hängt vom Samengehalt der Beeren ab - beides sind Umstände, die von Beere zu Beere variieren. Und da unsere Werte der Beerengröße (Gewicht) jeweils das Mittel aus 600-1000 Beeren darstellen, ist es verständlich, daß Änderungen der Wachstumsgeschwindigkeit, durch die Beginn und Ende der lag-Phase charakterisiert sind, nicht so klar zum Ausdruck kommen können, wie sie an der Einzelbeere tatsächlich auftreten mögen.

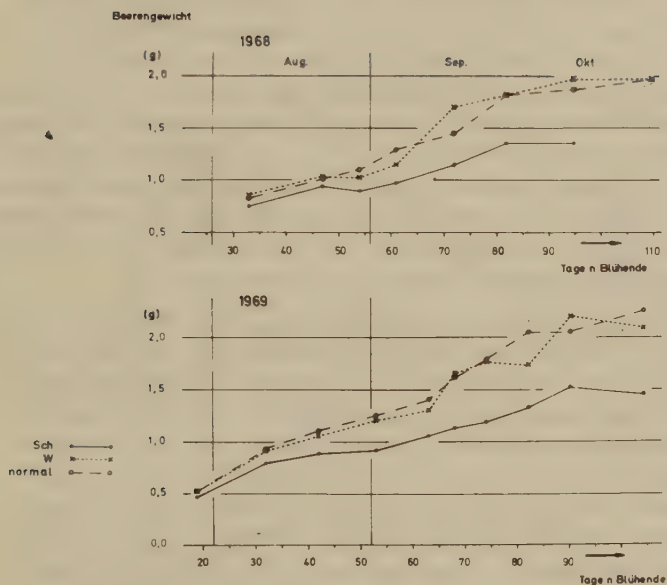


Abb. 20: Einzelbeerengewicht 1968 und 1969

Das Wachstum der Beeren erfolgt in Sch und W in derselben Weise wie in normal, aber zwischen Sch einerseits und W und normal andererseits bestehen in beiden Jahren quantitative Unterschiede. Bereits bei der 1. Probenahme, 1968 33 Tage und 1969 19 Tage nach Blühende, ist das langsamere Wachstum im schattierten Bestand angedeutet. Im Verlauf der Versuchsperiode streben die Kurven dann immer weiter auseinander, und die Unterschiede der Beerengröße zwischen Sch und

unschattiertem Bestand nehmen bis in den Oktober hinein zu. Während zwischen W und normal sowohl im Verlaufe wie zu Ende der beiden Versuchsperioden jeweils keine deutlichen Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit bzw. der schließlich erreichten Beerengröße zu erkennen sind, sind die Sch-Beeren etwa 60 Tage nach Blühende 0,3-0,4 g leichter als die in normal (-30%) und 40 Tage später, Mitte Oktober, beträgt der Unterschied 1968 0,5 g (-26%) und 1969 0,7 g (-32%) (Tab. 12). Im gesamten durch die Probenahmen erfaßten Gang des Beerenwachstums war 1968 vom 33. bis etwa 100. Tag nach Blühende in normal und W eine Zunahme des Beeren- gewichts von 0,8 auf 1,9 g festzustellen, dem eine Zunahme in Sch von 0,7 auf 1,4 g gegenübersteht; 1969 betrug das mittlere Beeren- gewicht am 19. Tag nach Blühende allgemein etwa 0,5 g und steigerte sich wiederum bis zum etwa 100. Tag nach Blühende auf 2,2 g im un- schattierten Bestand und auf lediglich 1,5 g in Sch.

Die Beeren wuchsen also 1969 allgemein rascher als 1968, sie waren zum Zeitpunkt der Lese größer und die Unterschiede zwischen schat- tiertem und unshattiertem Bestand ausgeprägter; die Beeren- gewichts- differenz zwischen normal und Sch war 1969 während der gesamten Versuchsperiode größer als 1968. Zweifelsohne liegt die Ursache dieser Jahrgangsverschiedenheit in den unterschiedlichen Witte- rungsbedingungen 1968 und 1969 (siehe 3.1.). Anders als im über- wiegend unfreundlichen Sommer und Herbst 1968 konnte dank häufiger Strahlungstage und anfangs auch sehr warmer Witterung 1969 einer- seits das Beerenwachstum gute Fortschritte machen, andererseits sich auch die Schattierung auf die Sch-Beeren stärker auswirken.

1969 wurde allerdings der Effekt der Schattierung durch die relativ geringe Belastung der Sch-Stöcke teilweise wieder aufgehoben. Das beweisen die Beobachtungen im Folgejahr 1970, in denen Windschutz und Schattierung nicht mehr aufgebaut waren. Die im Vergleich zu normal und W wesentlich geringere Stockbelastung in Sch (Tab. 11) führte hier zu einem rascheren Beerenwachstum (Abb. 21, unten) und schließlich zu einem mittleren Beeren- gewicht von 1,6 g, das um 0,3 g über dem der W- und normal-Beeren liegt (Tab. 12). Daß die Beeren in normal und W in diesem Jahr viel kleiner blieben als 1968 und 1969, dürfte wohl allein dem übermäßig langen Rebschnitt

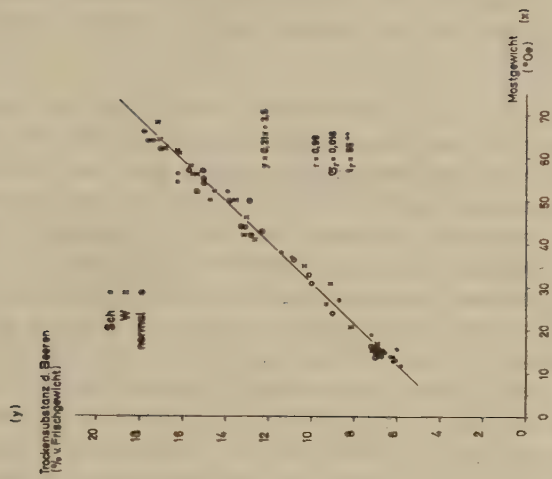


Abb. 22: Zusammenhang zwischen Beeren-trockensubstanz (ohne Samen) und Mostgewicht

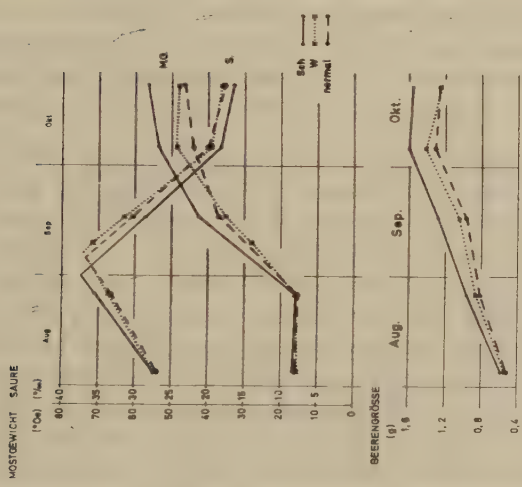


Abb. 21: Beerenwachstum und -reifung 1970

und der außergewöhnlich hohen Stockbelastung zuzuschreiben sein, kaum jedoch z.B. der Witterung, denn diese war während der Sommer- und Herbstmonate insgesamt zwar nicht ganz so warm wie 1969, aber in den Niederschlags- und Strahlungsverhältnissen mit dem Vorjahr durchaus vergleichbar (Abb. 4b + c).

Aus den Messungen 1970 eine quantitative Abschätzung des Einflusses der Stockbelastung auf das Einzelbeerengewicht während der Versuchsperiode 1969 aufzustellen, ist problematisch, denn der in beiden Jahren sehr unterschiedliche Rebschnitt verbietet eine direkte Übertragung der Ergebnisse aus dem einen Jahr ins andere. Doch ist wahrscheinlich, daß 1969 bei gleich starkem Behang in Sch, W und normal die Unterschiede im Beerengewicht zwischen schattierten und nichtschattierten Reben stärker hervorgetreten wären: bei gleichen Ausgangsbedingungen - so wie sie zu Beginn des Experiments im Sommer 1968 bestanden haben - wären die Sch-Beeren 1969 im Wachstum stärker zurückgeblieben als tatsächlich beobachtet. Die unterschiedlichen Witterungsbedingungen in den beiden Jahren wären somit im Einzelbeerengewicht noch besser zum Ausdruck gekommen oder: der wachstumshemmende Einfluß der Schattierungsmaßnahme ist wohl stärker als gemessen.

Im Zusammenhang mit dem Beerenwachstum sei das Wachstum der Samen in den Beeren während der beiden Versuchsperioden kurz gestreift. Dabei wollen wir uns auf das Samengewicht pro Beere beschränken, weil die Samenzahl pro Beere nur 1969 festgestellt wurde.

Im ersten Versuchsjahr betrug das Samengewicht beim ersten Probenahmetermin (33 Tage nach Blühende) 68 mg in Sch und jeweils 80 in normal und W, das sind rund 9% des Beerenfrischgewichts. 1969 waren 32 Tage nach Blühende in den Sch-Beeren 71 mg Samen enthalten, in normal und W 87 mg. 45 Tage nach Blühende, etwa am Ende der Beerenwachstumsphase III (lag-Phase) - die Beeren sind noch grün und hart - treten die Jahrgangsunterschiede im unschattierten Bestand gut hervor (Tab. 13), in Analogie zu den Unterschieden im Beerenfrischgewicht. In normal-Beeren z.B. betrug die Samenmasse 1968 81 mg, 1969 98 mg oder jeweils 8,5% des Beerenfrischgewichts. Der gute Zusammenhang zwischen Samengewicht und Beerenfrischgewicht drückt sich im Verhältnis beider aus, das 45 Tage nach Blühende, von

Tab. 13: Samengewicht 1968 und 1969

Jahr	Versuchs- parzelle	45 Tage nach Blühende (etwa Ende lag-Phase)			100 Tage nach Blühende (etwa Ende Reifungsphase)		
		Beerengröße (g)	Samengewicht pro Beere (mg)	Beerenfriisch- gewicht pro 1 g Samen (g)	Beerengröße (g)	Samengewicht pro Beere (mg)	Beerenfriisch- gewicht pro 1 g Samen (g)
1968	Sch	0,87	72	12,1	1,40	86	16,3
	W	0,98	80	12,2	1,95	94	20,8
	normal	0,95	81	11,7	1,90	92	20,7
1969	Sch	0,90	76	11,8	1,48	105	14,0
	W	1,10	91	12,1	2,13	120	17,7
	normal	1,15	98	11,8	2,17	120	18,1

Jahrgang und Versuchsparzelle unabhängig, immer gleich groß ist: das Beerenfrischgewicht pro 1 g Samen liegt einheitlich zwischen 11,7 und 12,2 g (Tab. 13).

Etwa bei Versuchsende, 100 Tage nach Blüte, wenn die Zuckeranreicherung in den Beeren weitgehend abgeschlossen ist, liegt das Samengewicht 1968 zwischen 86 (Sch) und 94 mg (W), entsprechend 6,1 und 4,8% des Beerenfrischgewichts, 1969 aber merklich höher zwischen 105 und 125 mg (7,1 und 5,5%)(Tab. 13). Die 45 Tage nach Blühende festgestellte enge Beziehung zwischen Samengewicht und Beerengröße ist bei reifen Beeren nicht mehr vorhanden. Das Beerenfrischgewicht pro 1 g Samen ist in der schattierten Parzelle geringer als in den anderen, 1969 niedriger als 1968.

Wie beim Beerengewicht, so zeigen sich auch beim Samengewicht der wachstumshemmende Einfluß der Schattierung und praktisch keine Wirkung des Windschutzes.

3.4.3. Die Beerentrockensubstanz

Der sigmoide Verlauf des Trockensubstanzgehaltes der B e e r e n (ohne Samen) während des Wachstums stellt sich 1968 deutlicher dar als 1969 (Abb. 23). Zwar kommt in beiden Jahren der während der ersten Wachstumsperiode konstante Gehalt (etwa 6-7% vom Frischgewicht) gut heraus, aber das Abklingen der Zunahme gegen Ende der Beerenreife ist 1969 nicht einmal angedeutet. Das heißt direkt, daß, im Gegensatz zu 1968, der relative Wassergehalt in der Beere auch noch im Oktober laufend abnimmt. Ob es sich hierbei um einen Konzentrationsvorgang handelt (Evaporation, allmähliches Schrumpfen der Beeren...) oder eine fortschreitende Reifung mit effektiver Trockensubstanzbildung - oder um beides - läßt sich allein anhand dieser Kurven nicht entscheiden. Im Vorgriff auf die Messungen des Zucker- und Säuregehaltes (3.4.4.) darf aber aus dem Verlauf jener beiden Inhaltsstoffe gegen Ende der Versuchsperiode 1969 geschlossen werden, daß tatsächlich der Reifungsvorgang beim letzten Probenahmetermin noch nicht beendet, die "völlige Reife" also noch nicht erreicht war.

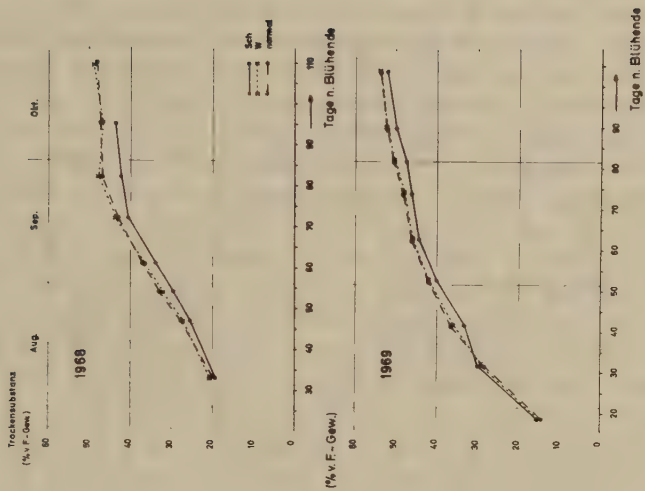


Abb. 24: Trockensubstanzbildung der Samen

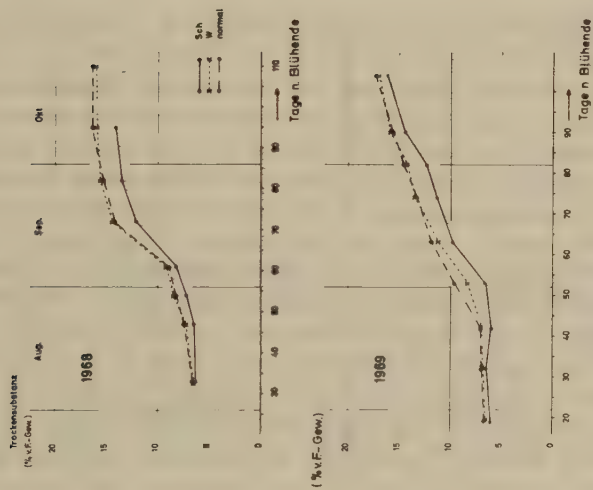


Abb. 23: Trockensubstanzbildung der Beeren
(ohne Samen)

Zugleich sei darauf hingewiesen, daß während der gesamten Beerenentwicklung der Verlauf des Trockensubstanzgehaltes fast in allen Einzelheiten dem des Mostgewichtes des Beerensaftes entspricht (Abb. 28, S. 79). Diese Tatsache überrascht allerdings nicht, da doch das Mostgewicht als Maß für den Zuckergehalt als Dichte (Mostwaage) oder Brechungsindex (Refraktometer) des Saftes bestimmt wird, als zwei Eigenschaftser also, die direkt den Anteil der löslichen Feststoffe anzeigen. Die Beziehung zwischen diesen physikalischen Eigenschaften des Saftes und dem Zuckergehalt ist aber nicht streng linear, weil der, wenn auch relativ geringe, Anteil der neben dem Zucker im Saft enthaltenen Extraktstoffe u.a. von der Rebsorte und dem Reifezustand der Beeren abhängt (22, 181). Dagegen konnte bei unseren Untersuchungen für den Bereich von 15 bis 65⁰Oe zwischen Beerentrockensubstanzgehalt (ohne Samen) und Mostgewicht ein streng linearer Zusammenhang ermittelt werden (Abb. 22). Aus ihm geht hervor, daß bei einer Zunahme des Mostgewichtes um 10⁰Oe im Reifungsverlauf der Trockensubstanzgehalt um 2 Frischgew.-% ansteigt. Die Regressionsgerade ist eine gute Bestätigung für die Parallelität des Trockensubstanz- und Mostgewichtsverlaufes während des Beerenwachstums 1969.

W- und normal-Beeren unterscheiden sich im Trockensubstanzgehalt praktisch nicht voneinander. Auf der anderen Seite ist aber ein Einfluß der Schattierung auf die Bildung der Beerentrockensubstanz unverkennbar (Abb. 23). Wie beim Beeren(frisch)gewicht (3.4.2.), so wird auch jetzt in beiden Jahren bereits bei der ersten Probe-nahme angedeutet, daß das Beerenwachstum oder die Trockensubstanzproduktion in Sch langsamer vor sich geht als im Normalbestand. Die Anfangsperiode des etwa gleichbleibenden Trockensubstanzgehaltes geht in Sch später zuende, und zwar besonders auffallend 1969; und die anschließende rasche Substanzzunahme erfolgt 1968 in Sch, W und normal in der ersten Hälfte des September, wogegen 1969, wie bereits erwähnt, diese Phase schnellen Zuwachses kaum in Erscheinung tritt, sondern eine ziemlich stetige Zunahme des relat. Trockensubstanzgehaltes bis zum Versuchsende anhält. Schließlich liegen die Endwerte der normal und W-Beeren 1968 zwischen 16 und 17%, 1969 zwischen 17 und 18% oder absolut: 1968 bei 0,3 g Trockensubstanz pro Beere, 1969 bei 0,4 g (größeres mittleres Beerenfrischgewicht 1969 als 1968 (Tab. 12)).

Die Unterschiede zu den Sch-Beeren betragen maximal 2-3 Frischgew.-%. Mitte Oktober 1968 sind diese Unterschiede auffallenderweise größer als etwa zum selben Termin 1969, wo sich gegen Ende der Versuchsperiode die Sch-Werte den anderen offenbar wieder nähern. Diese Werte müssen und können aber etwas korrigiert werden, weil der relativ geringe Stockbehang in Sch (3.3.4.) über die Beziehung zur Traubenqualität (Mostgewicht) erwiesenermaßen auch die Trockensubstanzproduktion beeinflusst. Aus den als minimaler Mostgewichts-"Korrektur" gefundenen 6°Oechsle (s. S. 57) ergibt sich mit Hilfe der aufgestellten Regression (Abb. 22) eine Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes der Beeren im nichtschattierten Bestand Ende Oktober 1969 um 1,2 Frischgewichts-%. Damit bestünden 1968 wie 1969 bei Versuchsende zwischen schattierten und nichtschattierten Reben jeweils gleich große Unterschiede. Trotz Korrektur wegen ungleicher Stockbelastung kommen also im Trockensubstanzgehalt, wenn dieser in % vom Beerenfrischgewicht angegeben wird, die sehr verschiedenen Witterungsverhältnisse in beiden Jahren nicht zum Ausdruck. Berechnet man dagegen den absoluten Gehalt an Trockensubstanz pro Beere, so erhält man natürlich qualitativ dieselben Verhältnisse, wie man sie bei der Ermittlung der Beerengröße gefunden hat: höhere Werte 1969 gegenüber 1968 und größere Unterschiede zwischen normal und Sch; nämlich 1968: 0,31 (normal) und 0,20 (Sch) g Trockensubstanz pro Beere und 1969: 0,41 ("korrigiert") und 0,24 g.

Die Trockensubstanzproduktion in den S a m e n erfolgt verständlicherweise schneller als in den anderen Teilen der Beere, weil während des Beerenwachstums um den Embryo im Samen hartes Schalen-gewebe aufgebaut wird. Reife Samen (Traubenkerne) sind hartschalig und bräunlich gefärbt und enthalten noch etwa 30% Wasser (130).

Zu Beginn des Beerenwachstums dürfte die Trockensubstanz des Beerenfleisches wie der Samen jeweils 6% des Frischgewichts betragen haben (Abb. 23); und während sich dieser Wert für Beerenfleisch usw. in den folgenden 40-45 Tagen praktisch nicht ändert, steigt die Trockensubstanz der Samen in dieser Zeit auf 25 (1968) bis 37% (1969) an (Abb. 24). Dieser steile Anstieg flacht später wieder ab und wird im Oktober 1968 praktisch gleich Null, 1969 behält er bis

zum Versuchsende einen kleinen Betrag bei. Die Samen im unschattierten Bestand besitzen Ende Oktober 1968 noch etwa 52% Wasser, 1969 rund 46% - ohne merkliche Unterschiede zwischen normal und W. Erkennt man den Wassergehalt der Samen als Maß für die Reife an, so ist festzustellen, daß die Samen oder Traubenkerne während der Saison 1969 rascher und besser ausreifen konnten als in der vorjährigen. Außer in den Endwerten im Oktober kommt diese Tatsache besonders auffällig darin zum Ausdruck, daß ein Trockengewichtsanteil von 40% 1968 67 Tage nach Blühende erreicht wurde, 1969 aber bereits nach 49 Tagen! Dies wird durchaus verständlich, wenn man sich an die sehr unterschiedliche Witterung während der beiden Versuchsperioden erinnert (3.1.). Die überdurchschnittlich günstige Witterung während der ersten Wochen der Periode 1969 scheint die Samenreifung besonders stark gefördert zu haben. Im Samenfrischgewicht war dieser Jahrgangsunterschied etwa 30 Tage nach Blühende noch kaum zu erkennen gewesen (s. S. 62).

Anders als der Windschutz zeigt die Schattierung auch hier wieder Wirkung, indem sie die Abnahme des Wassergehaltes in den Samen verzögert. Mit Ausnahme der ersten beiden Termine 1969 liegen die Trockensubstanzwerte der Sch-Samen immer niedriger als die der anderen. Auch wenn diese Differenzen nur 2-3 Frischgew.-% ausmachen, sind sie doch als gesichert zu betrachten; denn die Variation der Meßwerte ist äußerst gering, wie anhand einiger paralleler Probenahmen festgestellt werden konnte.

3.4.4. Säure und Zucker

3.4.4.1. Einleitung

Von allen Inhaltsstoffen der Traubenbeere spielen Säure und Zucker gewiß die bedeutendste Rolle. Ihre Anteile im Traubenmost werden gemeinhin und meist ausschließlich zur Beschreibung der Most-"qualität" verwendet, und sie sind auch in der Tat die Bestandteile, die Frische, Harmonie, Alkoholgehalt usw. des Traubenendproduktes Wein in hohem Maße bestimmen. Die zur Zeit der Lese in den Beeren vorhandene Menge an Säure und Zucker variiert sehr stark mit der Rebsorte und ist von der Sommer- und Herbstwitterung, letztlich vom Reifezustand der Beeren abhängig. Gut ausgereifte Beeren enthalten im allgemeinen viel Zucker und relativ wenig Säure, unreife sind dagegen säurereich und arm an Zucker. Der Zucker besteht fast ausschließlich aus Glucose und Fructose (96-98%), die Säure zu 80-90% aus Wein- und Äpfelsäure (145, 190).

Im Verlaufe des Beerenwachstums und der Reifung erfahren die Beereninhaltsstoffe durch Zulieferung aus den Blättern und durch Synthese und Um- und Abbau in den Beeren selbst typische, dem jeweiligen Entwicklungszustand der Beere entsprechende Änderungen ihrer Konzentration. Diese metabolischen Vorgänge, der Ablauf der verschiedenen biochemischen Prozesse in der Beere und der gut erfaßbare Gang des Zucker- und Säuregehaltes während des Beerenwachstums waren und sind häufig Gegenstand von Untersuchungen (50, 60, 69, 87, 88, 140). So weiß man, daß nach der Befruchtung die Säure in der Beere laufend zunimmt, wogegen Zucker im ersten Wachstumsstadium nur in sehr geringer Menge vorhanden ist. Erst wenn die Beeren einen gewissen Entwicklungszustand erreicht haben, setzt die Zuckerakkumulation und damit der eigentliche Reifungsprozeß ein. Der Anfang dieser Entwicklung fällt (43, 50, 65) zeitlich ziemlich genau mit dem erneuten Einsetzen des raschen Beerenwachstums in Phase IV zusammen (s. S. 58). Etwa zur selben Zeit hat auch der Säuregehalt der Beere ein Maximum erreicht und wird mit fortschreitender Reifung rasch niedriger.

Der Zeitpunkt des Reifungsbeginns ist genauso wie z.B. der des Austriebs und der Blüte sorten- und witterungsabhängig (42); die Jahresschwankungen können viele Tage, ja Wochen betragen. Außerdem setzt die Reifung auch nicht an allen Beeren eines Rebstocks, auch nicht an allen einer Traube gleichzeitig ein (192). So wenig

wie das Aufblühen und Befruchten erfolgt auch der "Start" zur Reifung in der Regel nicht schlagartig, sondern in Abhängigkeit von der Topographie (Insertionshöhe von Trieb und Traube) in einer endogen gesteuerten Abfolge, bei der Wuchsstofftransportrichtungen und -konzentrationen (Samengehalt der Beeren) usw. eine Rolle spielen (10). Morphologisch und phänologisch ist der Eintritt in diese letzte Entwicklungsphase (Phase IV) übrigens daran zu erkennen, daß die Beeren weich werden, die Beerenhäute durchsichtig und hellgelb bei weißen, rötlich bei blauen Sorten.

3.4.4.2. Freie titrierbare Säure

Der Verlauf der Säure in den Beeren unserer Versuchsorte, wie er in den beiden Jahren 1968 und 1969 während des Experiments festgestellt werden konnte und wie sich Schattierungs- und Windschutzmaßnahmen modifizierend ausgewirkt haben, soll zuerst an der freien titrierbaren Säure gezeigt werden (Abb. 25), die in den Wasseraufarbeitungen der Beerenproben bestimmt wurde (siehe 2.3.3.). Man erkennt den oben beschriebenen Anstieg der Säure (angegeben als Weinsäure in g pro 100 g Beeren) von der ersten Probenahme bis zum Maximum und dann den ebenso charakteristischen Abfall während der Reifungsperiode, abgebrochen mit der letzten Probenahme zwischen 20. und 25. Oktober.

1968 erfolgt die Zunahme der Säure in normal früher oder rascher als in W und Sch, und das Maximum wird hier einen Termin eher erreicht als dort. Der Abbau der Säure verläuft dann in W- und normal-Beeren gleich schnell, in Sch jedoch deutlich langsamer. Die Schattierung (kühle, extrem strahlungsarme "Witterung") drosselt offenbar die Intensität oder/und Geschwindigkeit des Säurestoffwechsels, denn sowohl Anstieg wie Abfall des Säuregehaltes in Sch-Beeren erscheint normal gegenüber gehemmt.

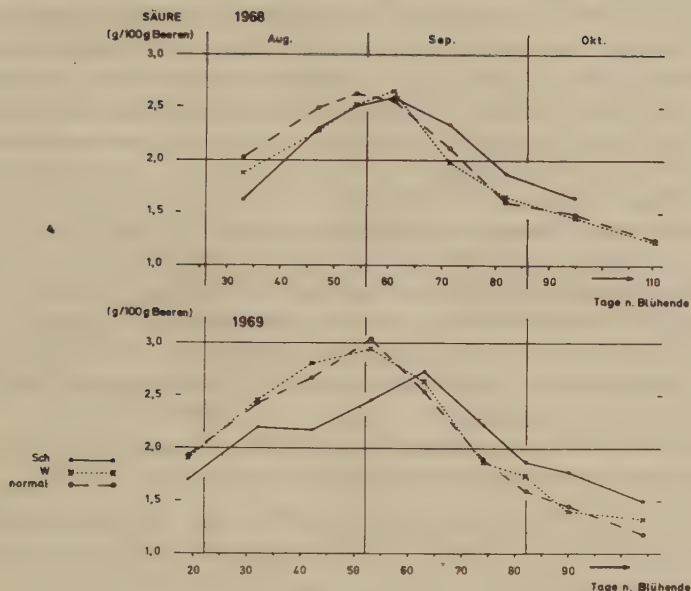


Abb. 25: Der Gehalt an freier titrierbarer Säure
(Wasseraufarbeitung der Beeren)

Im Folgejahr tritt dieser Tatbestand noch klarer hervor: vor allem in der Zeit der Säureanreicherung in der Beere entstehen große Differenzen zwischen schattierten und unschattierten Reben. Indessen unterscheiden sich diesmal normal- und W-Beeren praktisch nicht voneinander; sie erreichen das Maximum der Säure gleichzeitig am ersten September-Termin (53 Tage nach Blühende), während der merklich langsamere Säureanstieg in Sch erst 10 Tage später beendet ist. Die Säuremaxima liegen in diesem Jahr allgemein höher als 1968 (3,0 gegenüber 2,6 g pro 100 g Beeren im unschattierten Bestand, 2,7 gegenüber 2,5 in Sch), und die Unterschiede zwischen W und normal

einerseits und Sch andererseits sind größer; das Maximum der Sch-Beeren liegt 1969 sogar etwas höher als das der unschattierten 1968. Außerdem erscheint in normal und Sch das Maximum ausgeprägter als im Vorjahr, das Kurvenprofil zeigt keinen so flachen Gipfel wie 1968. Die Eintrittszeit des Säuremaximums liegt lediglich in W 1969 früher als 1968, in normal und Sch dagegen fällt sie in beiden Jahren auf den 53./54. bzw. 62./63. Tag nach Blühende.

Die Säureabnahme in den Beeren erfolgt, wie 1968, zunächst sehr intensiv, dann, im Oktober, verlangsamt. Insgesamt wird aber in derselben Zeitspanne 1969 mehr Säure in den Beeren abgebaut als im Vorjahr, denn trotz höheren Säuregehalts zur Zeit des Maximums, bestehen am Ende der Versuchsperiode praktisch keine Jahrgangsunterschiede mehr. Ebenso enthalten, wie 1968, W-Beeren gleiche Säuremengen wie normal-Beeren, und wiederum deutlich davon unterschieden ist der relativ hohe Säuregehalt in Sch. Dieser Unterschied ist 1969 größer als 1968 und beträgt Mitte Oktober, 95 Tage nach Blühende, 0,34 g pro 100 g Beeren gegenüber 0,18 g im Jahr davor.

Als Ursache der hier beschriebenen und auch in der graphischen Darstellung (Abb. 25) recht markant zutage tretenden Jahrgangsunterschiede kommt wohl in erster Linie die sehr unterschiedliche Witterung während der beiden Versuchsperioden in Betracht. Denn Rebschnitt, Düngung, Bodenbearbeitung, Laubschnitt oder andere Faktoren, die die Beerenentwicklung zu beeinflussen vermögen, sind in beiden Jahren, wie erwähnt, in derselben Weise durchgeführt worden. Allerdings kann die 1968 vermutlich größere Stockbelastung (s. S. 51) mit ihrer qualitätsmindernden Wirkung (Menge-Güte-Relation) ganz allgemein Auf- und Abbaugeschwindigkeit der Säure in den Beeren negativ beeinflußt und so z.B. zu den verschiedenen hohen Maxima in beiden Jahren mit beigetragen haben.

Aber gewiß werden die vor allem in der Zeit vor dem Säuremaximum oder den jeweils ersten 4 Wochen der Versuchsperiode 1968 und 1969 so extrem verschiedenen Witterungsbedingungen (Tab. 1 und Abb. 6 und 7) ihren Niederschlag in unterschiedlich raschem Säureanstieg finden, wie dies die Unterschiede zwischen normal und Sch (günstige und ungünstige "Witterung") beweisen. Kann man also für die

absoluten Werte der Säure in den beiden Jahren sowohl Witterungs- wie Ertragsfaktoren verantwortlich machen, so sind die 1969 größeren Unterschiede zwischen Sch einerseits und W und normal andererseits allein auf die im Vergleich zum Vorjahr bedeutend günstigeren Umweltbedingungen während der Versuchsperiode zurückzuführen. Die Vielzahl der Strahlungstage im Zeitraum bis zum Säuremaximum (bis zum Beginn Beerenreifung, Tab. 1) verhilft der Schattierung zu besonderer Wirksamkeit: die Bedingungen in Sch und im Normalbestand sind häufig stark verschieden, so daß sich Pflanze und Beeren unterschiedlicher entwickelten als im Jahr zuvor, in dem Strahlungswetter relativ selten war. So stellt sich 1969 der ansteigende Ast der Säurekurve in Sch stark abgesetzt von W und normal dar, und die Maximalwerte unterscheiden sich schließlich um ca. 0,3 g pro 100 g Beeren oder 9-10%, während eine derartige Differenz im Vorjahr nur angedeutet ist.

Auch die während der Phase des Säureabbaus und zu den letzten Probeterminen im Oktober 1969 beobachteten größeren Unterschiede zwischen Beeren aus dem schattierten und nicht schattierten Bestand sind mit strahlungsreicher Witterung in dieser Zeit erklärbar (Tab. 1, 2. Zeitraum). Ja, es sind diese Unterschiede sogar unwirklich gering ausgefallen. Denn bekanntlich war 1969 der Stockbehang in Sch infolge der Schattierung im Vorjahr um etwa 1 Drittel geringer als in normal und W (siehe 3.3.1.), und aus der Menge-Güte-Relation ist zu schließen, daß die Säurewerte der Sch-Beeren bei Versuchsende unvergleichbar niedrig, die Differenz Sch-normal also "verfälscht", nämlich zu klein wiedergegeben wird. In gleicher Weise ist aus den Beobachtungen 1970 (ohne Schattierung und Windschutz) zu schließen (Abb. 21, Tab. 12): geringer Stockertrag in Sch ist im Vergleich zu normal und W mit relativ niedrigen Säurewerten verbunden. Allein infolge der Witterungs- und sonst konstanter Bedingungen wäre die Säuredifferenz also größer ausgefallen, somit der Unterschied zum Jahr 1968 noch deutlicher geworden.

3.4.4.3. Gesamte Äpfel- und Weinsäure

Einen unterschiedlichen Verlauf nehmen die beiden Hauptanteile der Säure, Wein- und Äpfelsäure, während des Beerenwachstums. Das soll anhand der Befunde 1968 gezeigt werden (Abb. 26). Unter Bezug auf die Trockensubstanz der Beeren steigt im unschattierten Bestand der Gehalt an Gesamt-Äpfelsäure bis zu einem Maximalwert an, um dann in den ersten 10-20 Tagen der Reifungsperiode sehr rasch abzunehmen auf einen Wert, der in den anschließenden 30 Tagen bis zum Versuchsende praktisch konstant bleibt. Insgesamt ist dieser Gang ein gutes Abbild des Verlaufs der freien titrierbaren Säure (Abb. 25). Die Gesamt-Weinsäure zeigt dagegen den anfänglichen Anstieg nicht; vielmehr ist von Beginn der Untersuchungen an (33 Tage nach Blühende) eine stete Abnahme bis Ende September zu erkennen, sodann wieder ein leichter Anstieg. Die Endwerte betragen für die Beeren aus dem unschattierten Bestand 0,50 g Äpfelsäure und 0,37 g Weinsäure pro 10 g Trockensubstanz.

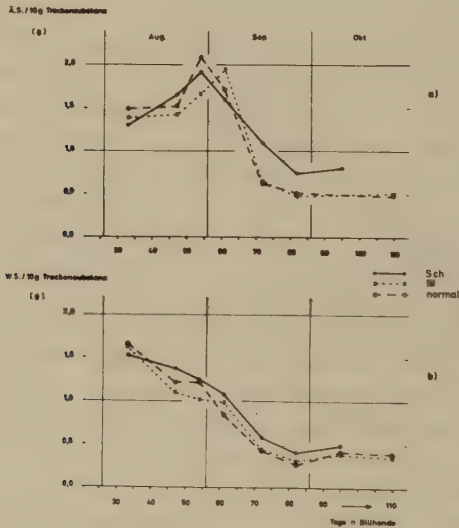


Abb. 26: Gesamte Äpfelsäure (ÄS) und gesamte Weinsäure (WS) 1968 (Wasseraufarbeitung der Beeren)

Die Wirkung der Windschutzmaßnahme ist nicht eindeutig. Einerseits steigt die Äpfelsäure in der Phase der Zunahme in W-Beeren offenbar langsamer an, andererseits nimmt die Weinsäure in derselben Zeit rascher ab als in normal-Beeren. Ersteres spräche für eine Benachteiligung, das zweite für eine Begünstigung des Beerenwachstums durch den Windschutz. Der weitere Verlauf etwa ab Mitte September läßt aber keine Unterschiede mehr zwischen den Beeren aus der einen oder anderen Parzelle erkennen, so daß schließlich von einer Einflußnahme des Windschutzes auf Äpfelsäure- und Weinsäuregehalt der Beeren nicht gesprochen werden kann.

Anders liegen die Dinge in der schattierten Parzelle. Hier manifestiert sich mehr oder weniger deutlich während der ganzen Versuchsperiode der hemmende Einfluß der verminderten Einstrahlung auf den Säurestoffwechsel. Vor allem die Äpfelsäure läßt diese Wirkung klar erkennen: ein niedrigeres Säuremaximum und höhere Endwerte in Sch gegenüber normal - analog den Befunden bei der freien titrierbaren Säure. Innerhalb von etwa 20 Tagen nehmen in normal die maximalen Äpfelsäurewerte von 2,08 auf 0,62, also um 1,46 g pro 10 g Trockensubstanz (oder um 70%), in Sch von 1,91 auf 1,09, also nur um 0,82 g (43%) ab. Im Verlauf der Weinsäure treten solche Differenzen nicht auf, wenn auch in Sch eine insgesamt schwächere Säureabnahme als in normal zu erkennen ist. Mitte Oktober, oder etwa 95 Tage nach Blühende, unterscheidet sich der Weinsäuregehalt der Sch-Beeren von denen der normal-Beeren um knapp 0,1 g pro 10 g Trockensubstanz, die Äpfelsäure-Differenzen betragen dagegen 0,3 g.

3.4.4.4. Zucker

Der Beginn der Zuckereinlagerung in die Beeren des Normalbestandes liegt 1968 etwa 48 Tage nach Blühende, 1969 6 Tage zeitiger (Abb. 27). Die Anfangswerte von G l u c o s e + F r u c t o s e betragen in beiden Jahren weniger als 0,5 g pro 100 g Beeren, und auch der Anstieg der Kurve erfolgt beide Male gleich unvermittelt. Binnen 7 Wochen steigt dann aber der Zuckergehalt im 1. Jahr von 0,5 auf 8,0 g, im 2. dagegen auf 9,8 g. Die W-Beeren enthalten in der zweiten Hälfte der Reifungsperiode 1968 etwas mehr Zucker als die aus normal, 1969 sind die Unterschiede zwischen den beiden jedoch immer gering und bedeutungslos. Die Endwerte der beiden ungeschattierten Varianten liegen 1968 zwischen 8 und 9 g pro 100 g Beeren und 1969 mit 10-11 g um 20-25% höher.

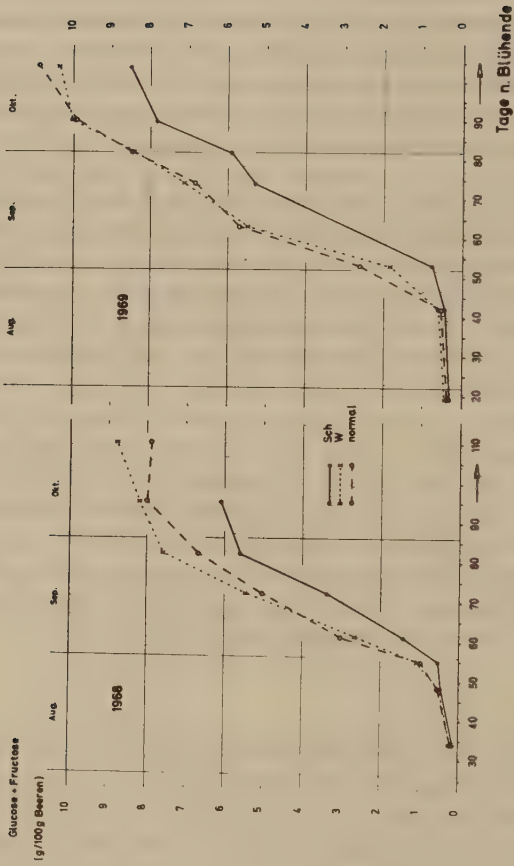


Abb. 27: Der Gehalt an Glucose + Fructose
(Methanolaufarbeitung der Beeren)

Der frühere Beginn der Reifungsphase (Phase IV) im Jahr 1969 gegenüber 1968 (bezogen auf den Blühtermin) ist offensichtlich und muß als eine Folge der günstigeren Sommerwitterung betrachtet werden, wenn auch zu dieser Zeit (42 Tage nach Blühende) bereits seit etwa 10 Tagen kühles und strahlungsarmes Wetter herrschte, das auch noch bis zum nächsten Probetermin am 1. September anhielt (Abb. 7). Die Witterung während der Wachstumsperiode bereits geraume Zeit vor Reifungsbeginn ist also durchaus von Einfluß auf den Zeitpunkt der beginnenden Zuckereinlagerung und damit indirekt auch auf den Endzuckergehalt der Traubenbeeren; denn ein früher Reifebeginn bedeutet in der Regel eine relativ lange Reifephase mit der Möglichkeit, viel Zucker in die Beeren einzulagern, wogegen eine spät stattfindende Reifung oft von spätherbstlich ungünstigen Umweltbedingungen gestoppt wird bevor die "Vollreife" erreicht ist.

Anders als der Windschutz zeigt die Schattierung sowohl 1968 wie 1969 eine deutliche Wirkung auf die Zuckerakkumulation. Der "Start" ist um jeweils 7-10 Tage verschoben, und der Gehalt an Glucose und Fructose ist Mitte Oktober um 2g pro 100 g Beeren oder ca. 20% niedriger als in normal. Dieser "Rückstand" der Sch-Beeren gleich zu Beginn der Phase IV vergrößert sich in deren Verlauf nur noch wenig, denn die Intensität der Zuckereinlagerung ist im September, und 1969 auch noch Anfang Oktober, etwa ebenso groß wie bei den normal-Beeren: die Kurven verlaufen fast parallel (Abb. 27). Aber schließlich kann diese Reifeverzögerung nicht mehr aufgeholt werden, denn die Zuckereinlagerung läßt etwa gleichzeitig in Sch wie normal nach, und das Ende der Vegetationszeit wird offenbar von der Schattierung nicht oder nur unwesentlich beeinflusst. Allerdings sei hier die Beobachtung vom Herbst 1969 erwähnt, als nach Abbau von Schattierung und Windschutz Ende Oktober deutlich zu erkennen war, daß die Sch-Reben einen größeren Anteil an (noch) grünen, unverfärbten Blättern hatten als die anderen; auch der Blattabfall erfolgte an diesen Reben später als an denen in normal oder W. Dies spricht dafür, daß die Schattierung nicht nur die Beeren-, sondern auch die "Blattréife" und Holzréife der Triebe etwas verzögert hat, somit also doch im Sinne einer Verlängerung der Vegetationszeit gewirkt haben würde.

3.4.4.5. Die "Reifungskurven"

Ein Gesamtbild von Säure- und Zuckerverlauf während des Traubenbeerenwachstums vermitteln die entsprechenden Analysendaten der Moste (Nativsäfte), wenn sie in den sog. Reifungskurven (77) dargestellt werden. Da im 1. Versuchsjahr Nativsäfte nicht regelmäßig hergestellt wurden, können nur die 1969er Kurven zur Demonstration dienen (Abb. 28).

Man erkennt im Gang der freien titrierbaren Säure sofort die selbstverständliche Parallelität zur Darstellung der Säure wieder, wie sie aus den Wasseraufarbeitungen der Beeren bestimmt wurde (Abb. 25): 1. rascher Anstieg in W und normal, verhaltener dagegen in Sch mit niedrigerem Maximalwert und um 10 Tage späterem Eintritt des Maximums, 2. intensiver Säureabbau in W und normal und verzögerter in Sch, so daß schließlich z.Zt. der Lese der Traubenmost einmal 17% (W, normal), zum andern 19% (Sch) freie Säure enthält (Tab. 12).

Das Mostgewicht der Sch-Säfte liegt bereits zu Beginn der Untersuchungen niedriger als in den anderen. Doch diese geringen Oechsle-Grade (um 15) sind nicht als Maß für den Zuckergehalt des Saftes zu verstehen, vielmehr geben sie allgemein den Anteil der löslichen Feststoffe an (s. S. 65). Die Erhöhung des Mostgewichts infolge Zuckerzunahme setzt kurze Zeit vor Erreichen des Säuremaximums ein. In Übereinstimmung mit den Trockengewichts- und Glucose + Fructose-Bestimmungen hinken die Sch-Beeren in dieser Entwicklung nach. Mit den normal-Säften verglichen, erreichen sie deren Mostgewicht während der Periode der etwa konstanten Zuckerzunahme (etwa 55-90 Tage nach Blühende) durchweg etwa 8 Tage später, und zur Lesezeit liegen sie mit 54°Oe um 8°Oe niedriger als jene (Tab. 12). Der sog. Schnittpunkt zwischen Mostgewichts- und Säurekurve ergibt sich in W und normal etwa für den 76. Tag nach Blühende, in Sch wird er erst 10 Tage später erreicht. Die zugehörigen Daten sind im ersten Fall 47°Oe und 23,5‰ Säure, im zweiten 48°Oe und 24,0‰ Säure.

Die Mostgewichte zeigen bei Abschluß der Versuchsperiode immer noch zunehmende Tendenz, was darauf hinweist, daß der Reifungsprozeß noch nicht abgeschlossen ist. Die freie titrierbare Säure scheint diese Annahme zu bestätigen, denn sie zeigt zu dieser Zeit noch

MOSTGEWICHT SÄURE

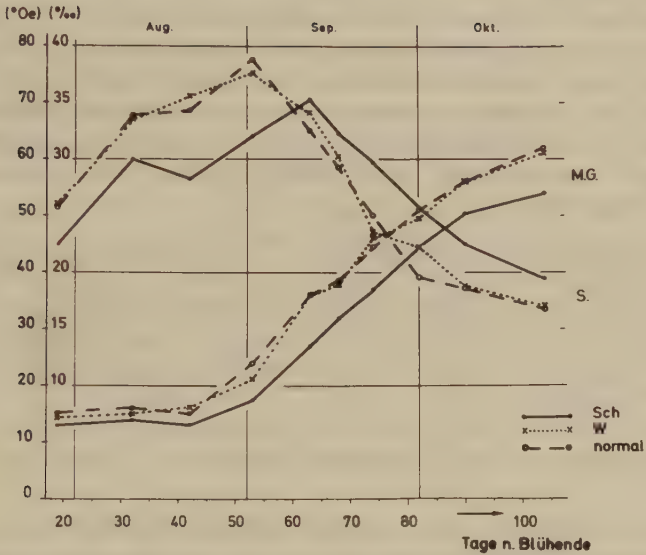


Abb. 28: Die "Reifungskurven" 1969

Gesamtsäure

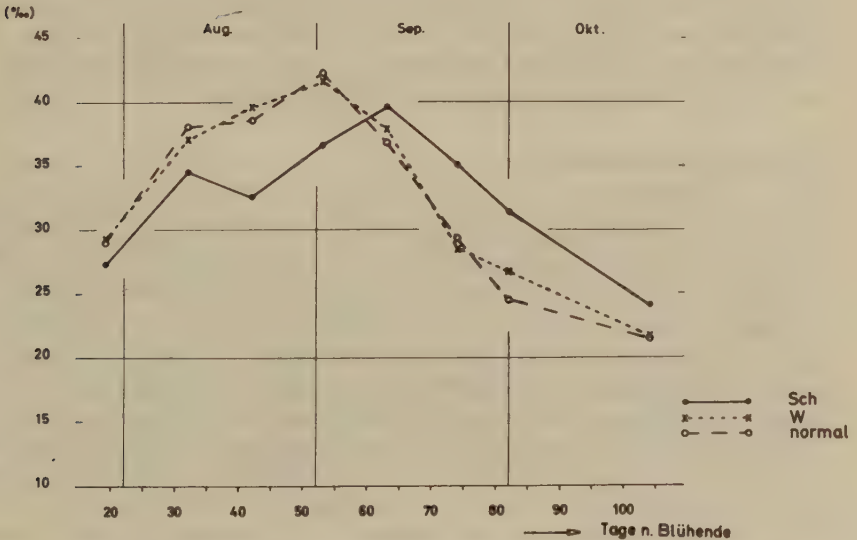


Abb. 29: Die Gesamtsäure 1969 (aus dem Nativsaft bestimmt)

deutlich die für die Reifung charakteristische Abnahme. Dieser Tatbestand war im Vorjahr, 1968, nicht gegeben. Aus den gelegentlichen Mostgewichts- und Säurebestimmungen der Nativsäfte, die damals nur bei den 3 letzten Probenahmen vorgenommen wurden, geht nämlich hervor, daß im Oktober praktisch keine "Qualitätssteigerung" mehr eintrat: die Mostgewichte erhöhten sich in W und normal vom 9. zum 24. um 1°Oechsle (1969: etwa 6°Oechsle), wenn auch die Säure wie 1969 um 2% abnahm:

Versuchsperiode 1968	Mostgewicht* (°Oe)		titrierbare Säure (%)*		Gesamtsäure (%)	
	Sch	W+normal	freie Sch	freie W+normal	Sch	W+normal
26. 9.	51	56	23,0	20,2	29,4	27,5
9.10.	52	60	19,5	17,8	24,3	22,5
24.10.	-	61	-	15,5	-	19,1

*Mittelwerte aus jeweils etwa 400 g Beeren

Dieser in beiden Jahren verschiedene Saisonabschluß hatte sich bereits in der Trockensubstanzproduktion der Beeren manifestiert (3.4.3.). Es ist anzunehmen, daß die überwiegend kühle, sehr nasse und strahlungsarme Witterung während der Versuchsperiode 1968 diesen frühzeitigen Reifungsabschluß verursachte, während die günstige Witterung 1969 offenbar einen ungestörten Reifungsprozeß ermöglichte. Ein weiterer Fortgang der Reifung wurde schließlich aber durch Fäulnis und Stiellähme unterbunden (s. S. 21).

3.4.4.6. Die Gesamtsäure

Der aus den Nativsäften ermittelte Gehalt an gesamter titrierbarer Säure geht immer nahezu parallel zu dem der freien Säure, wobei ersterer verständlicherweise höher liegt als der zweite (Abb. 29). Dieser Unterschied, der praktisch den Gehalt an Taträ und Malat im Most darstellt, beträgt gleichermaßen in Sch, W und normal 3,5-5,5% (oder g/l), und bei der Lese Mitte Oktober liegen die Säurewerte in Sch höher als in den beiden anderen Parzellen (Tab. 12). Allerdings besteht ein Jahrgangsunterschied derart, daß der Salzgehalt im 2. Versuchsjahr (1969), in dem die Moste säurereicher

waren als 1968, höher lag: 4,6-4,8 g/l gegenüber 3,6-3,7 g/l im Jahr zuvor.

Bei Betrachtung des Gesamtsäure-Verlaufs 1969 springt der markante Einbruch während der Periode der Säureanreicherung in normal und vor allem in Sch ins Auge. Weniger ausgeprägt tritt er auch im Gang der freien titrierbaren Säure in Erscheinung (Abb. 25, unten und Abb. 28). Da Meß- und Stichprobenfehler bei der Ernte ausgeschlossen werden können (Probenvariabilität siehe S. 11 und 3.4.5. mit Tab. 14), muß der abgestoppte Anstieg oder gar Rückgang des Säuregehaltes reell sein. Und da liegt es nahe, einen ursächlichen Zusammenhang mit dem Witterungsablauf zu suchen. Er scheint auch tatsächlich gegeben zu sein. Denn gerade zu dieser Zeit fand der markante Umschwung von strahlungsreicher Sommerwitterung zu naß-kaltem Wetter statt (Abb. 4b und 7). Auch beim Mostgewicht (Abb. 28) und bei der Trockensubstanzproduktion (Abb. 23) ist übrigens eine schwache Reaktion festzustellen.

3.4.4.7. Zucker und Säure pro Einzelbeere

Bisher wurden die Angaben zum Zucker- und Säuregehalt der Beeren immer auf die Frisch- oder Trockengewichtseinheit bezogen. Jetzt sollen die Ergebnisse 1969 pro Einzelbeere betrachtet werden. Zur Berechnung der Einzelbeerenwerte dienten die Mostgewichts- und Säurebestimmungen aus den Nativsäften, die Saftausbeute der Beeren und das mittlere Einzelbeerengewicht; der Zuckergehalt des Saftes ist leicht aus dem Mostgewicht zu errechnen (181).

Infolge der ständigen Gewichtszunahme während des Beerenwachstums stellt sich die in Abb. 25 und 28 gezeigte Zu- und Abnahme der Säure jetzt so dar, daß der Säuregehalt bis zum Maximum in der Beere sehr rasch ansteigt, dann aber bis zur Reife relativ langsam wieder abnimmt (Abb. 30, oben). Innerhalb 34 Tage von der ersten Probenahme bis zum Säuremaximum steigt der Gehalt an freier Säure in normal von 8,5 auf 32,0 mg pro Beere an und nimmt dann im Verlaufe der folgenden 4 Wochen auf lediglich 25,5 mg ab. Während das Verhalten der Beeren in W uneinheitlich von denen in normal abweicht, enthalten die in Sch immer weniger Säure als beide anderen, auch während der Reifungsperiode und am Ende des Versuchs - ein Effekt der gegenüber W und normal stets um etwa 1 Drittel kleineren Beeren (Abb. 20, unten). Sie enthalten im Maximum, 10 Tage später

als die anderen, 24,3 mg freie Säure, also rund 24% weniger als die normal-Beeren. Während die Säurezunahme in Sch eindeutig langsamer vor sich geht als in W und normal, erscheint die Abnahme während der Beerenreifeung bei allen drei Varianten mit derselben Geschwindigkeit zu erfolgen.

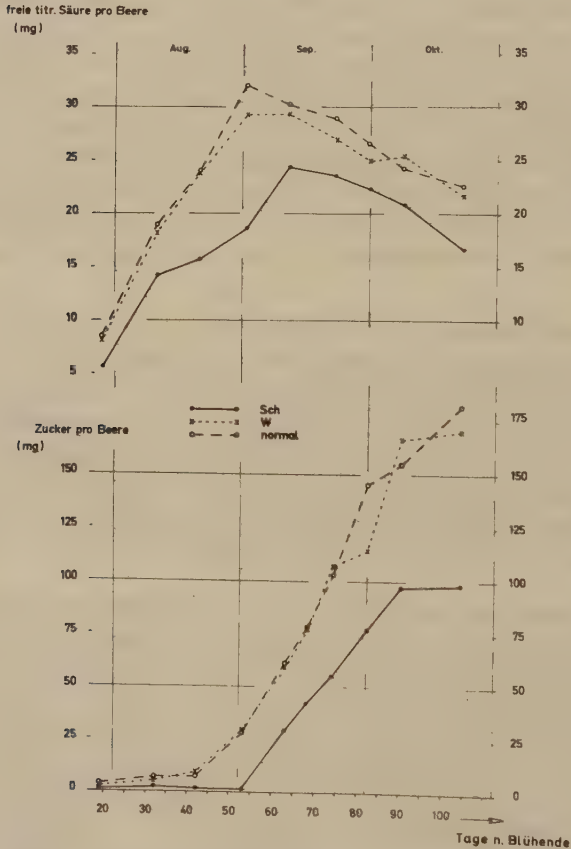


Abb. 30: Freie titrierbare Säure (als Weinsäure) und Zucker pro Einzelbeere (aus dem Nativsaft bestimmt)

Markanter als in den bisherigen Darstellungen des Zuckergehaltes (Abb. 27 und 28) bildet sich jetzt (Abb. 30, unten) der Beginn der Zuckereinlagerung in die Beere und die zeitliche Verschiebung dieses Vorganges im schattierten Bestand ab. Dieser als Reifungsverzögerung erscheinende Abstand zwischen der Sch-Kurve einerseits und normal- und W-Kurve andererseits beträgt bei 30 mg Zucker pro Beere 10 Tage und wächst auf 17 Tage bei 95 mg an. Damit ist auch der maximale Zuckergehalt der Sch-Beeren nahezu erreicht, während (die größeren) W- und normal-Beeren immerhin 170-180 mg, also fast doppelt so viel, einlagern.

3.4.4.8. Die "Reifungskurven" 1970 (Abb. 21, S. 61)

Auf den Wachstums- und Reifungsverlauf der Traubenbeeren im Jahre 1970 wurde schon verschiedentlich Bezug genommen, jetzt soll kurz auf die "Reifungskurven", d.h. freie titrierbare Säure und Mostgewicht der Traubensäfte eingegangen werden (Abb. 21, oben). Die Reben in Sch, W und normal wuchsen in diesem Jahr einheitlich unter denselben bestandsmeteorologischen Bedingungen, weil Windschutz und Schattierung ja nicht mehr aufgebaut waren. Unterschiede im Reifungsverlauf der Beeren können also nicht auf ökologische, sondern müssen auf endogene Faktoren zurückzuführen sein. Und dabei spielen sowohl die sehr große Stockbelastung (siehe 2.4.2.) wie die diesbezüglich vorhandenen Unterschiede zwischen Sch, W und normal die dominierende Rolle (siehe Tab. 11).

Der in großen Zügen (nur 5-6 Probenahmeterminen) aufgenommene Reifungsverlauf trägt alle Anzeichen eines raschen Beerenwachstums in Sch und eines verzögerten in W und normal. In Sch wird das Säuremaximum früher erreicht, und der anschließende Abbau der Säure erfolgt rascher als in den beiden anderen, so daß Sch-Säfte bei der Lese mit 16,6% rund 1,5% weniger freie titrierbare Säure enthalten als W- und normal-Säfte (Tab. 12, S. 52). Die Maxima wurden übrigens nicht direkt mit einer Probenahme erfaßt, sondern anhand der zeitlich davor und danach liegenden Meßwerte und der Kenntnis des allgemeinen Reifungsverlaufs (z.B. Abb. 28) interpoliert. Dem Säuregang entsprechend verlief die Zuckerbildung in Sch intensiver und führte zu einem Endmostgewicht von 57°Oe, während normal- und W-Moste nur 46 bzw. 48°Oe erreichten.

Die im Vergleich mit den beiden Vorjahren niedrigen Mostgewichte in normal und W sind wohl allein auf den unangemessen langen Rebschnitt und die dadurch hohe Stockbelastung zurückzuführen (s. S. 62). Die Produktivität der Blätter läßt nach, wenn sich zuviel Laub am Stock bilden kann (173, 191); zudem entwickeln sich die Triebe bei langem Anschnitt der Tragruete weniger gut und kräftig als bei kurzem Schnitt mit wenig Trieben, so daß insgesamt ein für das Beerenwachstum ungünstiges Blatt:Frucht-Verhältnis entsteht (188). Und die bessere Qualität der Sch-Moste in diesem Jahr liegt zweifellos in der Differenz der Stockbelastung Sch-normal begründet, die mehr als 2000 Beeren pro Stock beträgt (Tab. 11). Auf die Beziehung zwischen Quantität und Qualität der Erträge 1970, die die im Vorjahr gefundene Menge-Güte-Relation bestätigt, wurde bereits hingewiesen (3.4.1.).

3.4.4.9. Die Lesedaten (Tab. 12, S. 52)

Die Zusammenstellung einer Reihe von Kenngrößen, wie sie jeweils im Herbst 1968-70 zur Zeit der Traubenlese ermittelt wurden, gibt nochmals einen Überblick über wesentliche Ergebnisse der Schattierungs- und Windschutzversuche. Aus der Reihe der Daten sollen 3 Tatbestände herausgegriffen und kurz erörtert werden:

1. Die Mostgewichte der Traubenmoste aus dem unschattierten Bestand (W und normal) liegen 1968 und 1969 praktisch gleich hoch; 2. die Differenz zu Sch ist in beiden Jahren gleich, 1968 vielleicht etwas größer; 3. der Gehalt an freier titrierbarer Säure und Gesamtsäure der Moste ist bei etwa gleichen Mostgewichten 1969 deutlich höher als 1968.

1. 1969 war in Süddeutschland, dem Charakter der Sommer- und Herbstwitterung entsprechend, allgemein ein besseres Weinjahr als 1968. Die Mostgewichte lagen im südpfälzischen Weinbaugebiet (Oberhaardt) im Durchschnitt bei 67°Oe und damit 6°Oe höher als 1968 (18). Daß dagegen die Versuchsrebsorte, bei in beiden Jahren etwa gleichem Ertrag, im unschattierten Bestand 1969 keine höheren Mostgewichte als im Vorjahr brachte, mag daran liegen, daß bei uns die Lese in diesem Jahr zu früh erfolgte. Das Ausreifen der Beeren war, anders als 1968, zum Lesetermin 22.10. noch nicht zum Abschluß gekommen;

darauf deuten jedenfalls der Verlauf des Mostgewichts (Abb. 28) und der Trockensubstanz (Abb. 23) hin. Somit ist ein Vergleich unserer 69er Ergebnisse mit denen des Vorjahres oder mit denen der allgemeinen Traubenernte der Winzer nicht ohne weiteres möglich.

2. Die am Ende der strahlungsreichen Versuchsperiode 1969 relativ geringe Differenz des Mostgewichtes zwischen unschattierten und schattierten Trauben ($\leq$ Differenz 1968) überrascht. Aber sie ist nicht reell, d.h. nicht allein die Folge der Schattierungsmaßnahme; vielmehr ist hierin die Auswirkung der sehr geringen Stockbelastung in Sch (Tab. 11) enthalten, die auch in dem geringen Stockertrag von 0,9 kg zum Ausdruck kommt (W und normal 2,5-2,6 kg) und die nach der Menge-Güte-Relation die "Qualität" der Sch-Trauben anhebt, somit die Differenz zu W und normal verringert. Nach unseren Erfahrungen (3.4.1.) ist die Differenz um mindestens 6°Oe zu "korrigieren" und wäre damit viel größer als 1968: beim Vergleich normal-Sch 14 gegenüber 8°Oe.

3. Relativ hohe Säurewerte wurden 1969 auch bei einer ganzen Reihe anderer Rebensorten an der BFA festgestellt (145). Nicht so im Weinbaugebiet der weiteren Umgebung, wo entsprechend den gegenüber 1968 höheren Mostgewichten niedrige Säurewerte gemessen wurden (18). Daher ist es wohl kaum möglich, die relativ hohe Säure auf witterungseinflüsse zurückzuführen. Eine Erklärung kann an dieser Stelle nicht gegeben werden; möglicherweise haben die widersprüchlichen Säurewerte ihre Ursache ebenfalls im ungleichen Reifezustand des Lesegutes von der BFA verglichen mit dem der Winzer.

Abschließend sei noch auf den je Einzelstock produzierten Beerenzucker hingewiesen (Tab. 12). Er ist aus Mostgewicht, Saftausbeute und Stockertrag berechnet und zeigt eindrucksvoll die geringe Leistung der schattierten Reben. Während 1968 in Sch etwa 43% weniger Beerenzucker pro Stock errechnet werden als im unschattierten Bestand, sind es im Folgejahr gar 71%; denn jetzt kommt zum niedrigen Mostgewicht und den kleinen Beeren der geringe Behang als Folge der vorjährigen Schattierung als weiterer Faktor hinzu und drückt die Beerenzuckerproduktion pro Stock weiter ab. 1970 dann, ohne Schattierung, liegt die Beerenzuckermenge in Sch viel höher als im Vorjahr (141 gegenüber 59 g pro Stock), aber infolge des geringen Behangs doch unter den Werten in W und normal (190 g).

Trotz der sehr großen Schwankungen in der Stockbelastung 1968-70 im unschattierten Bestand zwischen etwa 1800 und 4400 Beeren pro Stock (3.3.4. und Tab. 11) ist die Variation der Beerenzuckermenge auffallend gering: 169-209 g pro Stock.

3.4.5. Die Abhängigkeit der Beerenreifung von der Samenzahl

Die mittlere Samenzahl pro Beere ist sortenverschieden (50). Bei unserer Versuchssorte schwankt sie von Beere zu Beere zwischen 0 und 4 und beträgt 1969 im Mittel 2,0. Es ist bekannt, daß, innerhalb einer Rebsorte, im allgemeinen die großen Beeren mehr Samen enthalten als die kleinen (55, 132, 137, 139, 176, 189). Daneben besteht aber auch ein Zusammenhang zwischen der Reifungsgeschwindigkeit der Beere und der Samenzahl, der bereits MÜLLER-THURGAU (132) aufgefallen ist: Beeren mit relativ wenigen Samen reifen rascher als solche mit vielen (55, 139, 158). Dies trifft z.B. auch beim Vergleich von di- mit tetraploiden Reben zu, wo bei gleicher Beerengröße die weniger Samen enthaltenden tetraploiden Formen höhere Mostgewichte erreichen bzw. früher reifen als die diploiden (25, 133, 182). Sowohl die Korrelation zwischen Samenzahl und Beerengröße wie die zwischen Samenzahl und Beerenreifung haben ihre Ursache offenbar in Wuchsstoffen (Gibberelline, Auxine), die in den Samenanlagen gebildet und an den Fruchtknoten, die wachsende Beere, abgegeben werden (43, 80, 135). Je größer die Anzahl intakter Embryonen in der Beere, d.h. je größer die Samenzahl (maximal 4) ist, umso größer ist die Ausschüttung an Wuchsstoffen und umso stärker das Beerenwachstum (55). Wenngleich für die ersten Wachstumsphasen zwischen Wuchsstoffspiegel in der Beere und Wachstumsgeschwindigkeit gute Zusammenhänge nachgewiesen werden konnten, so ist doch die Kausalität von Wuchsstoffkonzentration und -zusammensetzung einerseits und der beginnenden Zuckereinlagerung in die Beere und der gleichzeitig wieder einsetzenden Beerengrößenzunahme (Phase IV, Reifungsphase) andererseits noch keineswegs aufgeklärt (10, 43, 135, 151, 185). Es scheint aber sicher zu sein, daß das Beerengrößenwachstum während der ersten Phasen durch Zellteilung und -vergrößerung, wuchsstoffgesteuert, erfolgt, wogegen es in der Reifungsphase allein durch Zellvergrößerung wegen der einwandernden Zucker und Wasser zustandekommt, wenn auch der Anstoß zu dieser Entwicklung von Wuchsstoffen ausgehen mag (43, 65, 70, 159).

Dieser "Zustand" der beginnenden Reife setzt fast schlagartig ein, Zuckereinlagerung und Beerenvergrößerung beginnen sehr unvermittelt (43, 133 und eigene Ergebnisse, siehe 3.4.4.7.). Er wird in der französischen Literatur mit "véraison" bezeichnet, im deutschen Sprachgebrauch mit dem "Weichwerden" der Beeren beschrieben. Ein genaues Studium der diesen Vorgang bestimmenden physiologischen Prozesse und Veränderungen ist nur an Einzelbeeren möglich (157-159); denn bei größeren Probenahmen erscheint wegen des unterschiedlich raschen Reifens der Beeren dieser markante Umschwung mehr oder weniger gedämpft, d.h. man erfaßt einen "durchschnittlichen", möglicherweise fiktiven Zustand, der sich als Mittel aus harten und weichen Beeren ergibt. Bei unserer Sorte zog sich dieser Vorgang, bei Betrachtung der Gesamtmenge aller Beeren der Parzelle, über mehrere Wochen hin. Die Probenahmen enthielten im unschattierten Bestand etwa ab dem 61. (1968) bzw. 52. Tag nach Blühende (1969) immer sowohl gelbe, weiche, wie grüne, mehr oder weniger harte Beeren; in Sch wurden die ersten gelben Beeren jeweils etwa 10 Tage später beobachtet. Um einen Anhaltspunkt über den mittleren Reifeunterschied zwischen gelben und grünen Beeren zu bekommen, wurden in den Wochen des September und Oktober aus den jeweiligen Probenahmen neben "durchschnittlichen" Beeregruppen auch je eine solche Probe ausgewählt, die nur besonders reif erscheinende Beeren (gelbe) bzw. nur relativ unreife (grüne) enthielt. Aus allen Gruppen, jeweils 100-200 g Beeren, wurde Nativsaft hergestellt, und es war festzustellen, daß die Mostgewichtsunterschiede zwischen den einzelnen Gruppen innerhalb einer Probenahme sehr beachtlich waren (Tab. 14). Während die parallelen Gruppen durchschnittlicher bzw. gemischter Beeren aus einer Probenahme um höchstens 2-3°Oechsle variieren, liegen die Mostgewichte aus den gelben Beeren 6-11°Oe höher als die aus den grünen. Dies gilt für Sch, W und normal gleichermaßen. Entsprechend ist natürlich auch der Gehalt an Säure zwischen beiden stark verschieden.

Dieser ungleiche Reifezustand der Beeren ist eindeutig mit der Samenzahl korreliert. Das ergaben Auszählungen, die parallel zu den Nativsaftbestimmungen durchgeführt wurden, indem aus jeder Probenahme eine Gruppe gelber mit einer Gruppe g l e i c h g r o ß e r grüner Beeren (je etwa 50 g) verglichen wurde. Im

Tab. 14: Mostgewicht (M) und freie titrierbare Säure (S) einiger Beerenproben 1969

Datum	schattierte Parzelle		Normalparzelle		windgeschützte Pz.	
	M (°Oe)	S (%)	M (°Oe)	S (%)	M (°Oe)	S (%)
11.8.	14	31,0	16	33,5	16	33,5
	14	29,0	15	34,0	14	33,5
21.8.	12	27,8	14	34,0	16	35,2
	14	28,6	16	34,4	17	36,0
1.9.	17	31,7	24	39,1	20	37,8
	19	32,9	24	38,6	21	37,4
			25	38,7	22	37,5
11.9.	26	34,8	gelbe B. 39	30,0	gelbe B. 41	31,6
	27	35,8	37	32,4	36	33,4
	28	35,4	grüne B. 31	35,0	grüne B. 31	37,2
16.9.			gelbe B. 43	26,6	gelbe B. 42	27,8
	gelbe B. 37	31,2				
	32	32,4	39	29,4	37	30,8
	32	32,4	39	28,8	38	30,0
			38	29,4		
30.9.	grüne B. 27	33,2	grüne B. 33	33,2	grüne B. 36	32,4
	44	25,4	50	20,4	49	22,8
22.10.	45	26,0	52	18,8	50	21,6
			gelbe B. 66	14,6	gelbe B. 68	14,5
	52	19,9				
	54	18,9	62	17,0	61	17,0
	55	19,1	63	16,4	60	17,3
			grüne B. 55	19,8	grüne B. 57	19,1

Tab. 15: Zusammenhang zwischen Samenzahl pro Beere und Beerenreife, September - Oktober 1969
Anzahl der Untersuchungen: 24 x 50 g Beeren

Versuchs- parzelle	g e l b e Beeren			Unterschied im Mostgew. zwischen u. grünen Beer. (%)	g r ü n e Beeren		
	Gewicht d. Beere (g)	Samenzahl pro Beere	Samengewicht Gesamt- Einzel- (mg)		Gewicht d. Beere (g)	Samenzahl pro Beere	Samengewicht Gesamt- Einzel- (mg)
Sch W normal	1,55	1,76	86	49	1,56	2,45	117
	1,97	1,83	103	56	1,92	2,40	127
	1,95	1,94	102	53	1,88	2,34	115
zus.	1,82	1,84	97	53	1,79	2,40	120
							50

Mittel aller Probenahmen des September und Oktober 1969 unterschieden sich die Gruppen in Sch ebenso wie in W und normal um je 9⁰Oe, und die Samenzahl der Beeren mit dem höheren Mostgewicht (gelbe Beeren) betrug 1,84, die der anderen 2,40 (Tab. 15). Diese Differenzen sind gut gesichert. Aus den "Reifungskurven" 1969 (Abb. 28) kann man entnehmen, daß diese ermittelte 9⁰Oe-Differenz im September einem Reifevorsprung von etwa 8 Tagen entspricht (die beiden extremen Beerengruppen machten übrigens jeweils etwa 15% der gesamten Beerenprobenahme eines Termins aus). Die Reifeunterschiede zwischen e i n z e l n e n Beeren können natürlich noch weit größer sein.

In allen 3 Versuchspartzellen sind die Samenzahlen pro Beere praktisch gleich und die Unterschiede zwischen gelben und grünen Beeren immer etwa gleich groß. Das mittlere Beerengewicht ist in Sch verständlicherweise geringer als in W und normal (siehe 3.4.2.), aber die gelben und grünen Beeren sind jeweils gleich groß, so daß die Korrelation Samenzahl-Beerengröße (s. o.) im hier dargestellten Zusammenhang zwischen Samenzahl und Beerenreife gewiß ausgeschaltet ist. Auffallend ist ferner, daß die Samen der samenreichen Beeren kleiner sind als die der anderen. Sie wiegen im Durchschnitt 50 gegenüber 53 mg. Diese Differenz ist nicht "zufällig", denn sie wird an allen Terminen mehr oder weniger deutlich beobachtet und entspricht den Erfahrungen mit di- und tetraploiden Reben (25, 182), wenngleich dort die Unterschiede im Einzelsamengewicht bedeutend größer sind.

Der hier gefundene Einfluß der Samenzahl auf die Beerenreife ist übrigens viel größer als der von GÄRTEL (55) bei Rieslingtrauben gefundene, wo Beeren mit 1 Samen lediglich 5⁰Oe mehr aufwiesen als solche mit 3 Samen. Vermutlich liegt die Ursache dieser verschiedenen Ergebnisse sowohl in Sorten-, Jahrgangs- und Standortunterschieden begründet wie auch im Zeitpunkt der Probenahme. Unsere Resultate stammen von Untersuchungen aus der Phase der raschen Zuckerakkumulation, während die Rieslingtrauben erst am Ende der Reifeperiode untersucht wurden, wo infolge der abnehmenden Zuckerzunahme in den Beeren die später reifenden vielleicht die Möglichkeit hatten, zu den frühreifen "aufzuschließen".

4. DISKUSSION

4.1. Die meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand

Die Simulation strahlungsarmer Witterung ist mit Hilfe der Schattierungsmaßnahmen gut gelungen (s. S. 28). Allerdings ist im Vergleich zu den natürlichen Witterungsschwankungen die Absenkung der Lufttemperatur im Bestand um nur etwa 1°C (Tab. 2) minimal, praktisch vernachlässigbar. Anders verhält es sich mit den Oberflächentemperaturen des Bodens und der Pflanzen. Bei einigen Stichprobenmessungen zeigte es sich, und aus den Beobachtungen anderer Autoren in ähnlichen Experimenten (117, 163) geht hervor, daß als Folge der stark reduzierten Einstrahlung die Blätter an der Bestandsobergrenze $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ kühler sein können als die des sonnenbeschienenen Bestands. Die Blätter im Eigenschatten der Reben haben etwa Lufttemperatur. Und anders verhält es sich natürlich mit dem direkt veränderten Umweltfaktor, der Globalstrahlung. Obwohl die künstlich reduzierte Einstrahlung den natürlichen Strahlungswerten an einem trüben Tag sehr nahe kommt (Tab 2), führt doch die ununterbrochene Andauer geringer Strahlung zu extremen Bedingungen. Die während der Versuchsperiode gemessene Globalstrahlung von $15 \text{ kcal}\cdot\text{cm}^{-2}$ (1968 während 107 Tage) und $12 \text{ kcal}\cdot\text{cm}^{-2}$ (1969 während 101 Tage) (Tab. 1) liegt weit unterhalb der in den letzten Jahren beobachteten niedrigsten natürlichen Strahlungssummen während der betreffenden Jahreszeit. In Trier wurden von Juli bis Oktober als niedrigster Wert seit 1964 im Jahr 1968 $34 \text{ kcal}\cdot\text{cm}^{-2}$ gemessen (16). Die Höchstwerte betrugen übrigens 1964 und 1971 je $43 \text{ kcal}\cdot\text{cm}^{-2}$. Die in unserem Versuch erzeugten extremen, "unnatürlichen" Strahlungsverhältnisse waren aber beabsichtigt, denn sie sind eine notwendige Voraussetzung, wenn man die Wirkung der Globalstrahlung auf Qualitäts- und Ertragsbildung der Rebe deutlich aufzeigen will.

Hinsichtlich des Wärmeumsatzes an der Oberfläche verhalten sich die Tagessummen der Globalstrahlung im August (Strahlungstag) im normalen und im schattierten Bestand etwa ebenso wie die an einem Südhang von 20° Neigung und einem 40° -Nordhang (noch unveröffentlichte Berechnungen des Deutschen Wetterdienstes): $420 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ im Normalbestand oder am Südhang stehen etwa $150 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ in der schattierten Parzelle oder am Nordhang gegenüber. In den Lichtverhältnissen allerdings, die ja von ausschlaggebender Bedeutung für die Photosynthese der Pflanzen sind, bestehen zwischen Süd-

und Nordhang gewiß viel geringere Unterschiede als zwischen normalem und schattiertem Bestand.

Der Windschutz war von vergleichsweise sehr geringer Effizienz. Wenn auch der (horizontale) Austausch gewiß verringert wurde, die Windgeschwindigkeit im Kronenraum der Reben auf etwa die Hälfte reduziert war (Tab. 2), so konnte doch weder im Falle der Einstrahlung der erwartete Wärmestau, noch in Strahlungsnächten ein Kaltluftstau beobachtet werden. Lufttemperatur und rel. Feuchte (120 cm ü. Gr.) sowie die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe waren durch die Windschutzmaßnahme nicht meßbar zu beeinflussen, wie das bei vielen anderen, ähnlichen Experimenten und Untersuchungen der Fall war (52, 62, 83, 153). Sicherlich wäre eine größere Wirkung erzielt worden, wenn wir den Windschutz nicht in einer sog. Normalanlage (Zeilenabstand 1,25 m) sondern in einer Weitraumanlage hätten aufbauen können. Andererseits ist aber in jedem Fall mit einer verminderten Einstrahlung innerhalb des windgeschützten Bestandes zu rechnen, die durch Schattenwurf der Wände besonders bei tiefem Sonnenstand (morgens, abends, in den Herbstmonaten) verursacht wird. Entsprechende Berechnungen für Wien und herbstliche Strahlungsverhältnisse (48) zeigen, daß selbst noch in der Entfernung h (h =Höhe des Windschutzes, in unserem Fall 2,50 m) mit einer merklichen Strahlungsverminderung pro Tag zu rechnen ist: von der nördlichen Windschutzwand her betrüge sie zwar nur 5%, die westliche und östliche würden aber je mehr als 10% und die Südwand gar etwa 50% verursachen. Bei der Größe der windgeschützten Versuchsparzelle von $10 \times 10 \text{ m}^2$ mögen diese Umstände den Strahlungsumsatz am Boden wohl beeinflußt und eine Erhöhung der Lufttemperatur tagsüber verhindert haben. Ob dies in gleicher Weise auch für die Pflanzen-, speziell die Blattemperaturen im Kronenraum gilt, ist fraglich. Eigene Messungen aus der windgeschützten Parzelle liegen nicht vor, aber aus der Wärmehaushaltsgleichung (s. S. 3) und experimentellen Befunden (126, 172) geht hervor, daß eine kleinere Wärmeübergangszahl α , also verringerte Windgeschwindigkeit, bei positiver Strahlungsbilanz einen Anstieg der Blattemperatur zur Folge haben muß. Dies trifft aber nur für allgemein schwache Luftbewegung zu. Bei starkem Wind schließen sich die Spaltöffnungen der Blätter, auch bei genügender Bodenfeuchte, mehr und mehr, so daß die mit der Transpiration verbundene Abkühlung mit zunehmendem Wind geringer wird. Aus diesem Grunde war z.B. an Zuckerrüben zu beobachten (83), daß bei hoher

mittäglicher Einstrahlung trotz abnehmender Windgeschwindigkeit und ansteigender Lufttemperatur im Bestand die Temperatur der Blätter unverändert blieb oder sogar etwas zurückging. Die bei stärkerer Luftbewegung "hydroaktiv" eingeschränkte Transpiration (Schließen der Stomata) stieg mit schwächer werdendem Wind an und die daraus resultierende verstärkte Kühlung wirkte offenbar ebenso stark temperatursenkend wie die ansteigende Lufttemperatur und der abnehmende Austausch temperaturerhöhend. Bei unserer Versuchsanstellung wird man zu der Annahme neigen, daß, bei positiver Strahlungsbilanz und den in der Regel geringen Windgeschwindigkeiten im Bestand (Tab. 2), trotz unveränderter Lufttemperatur in 120 cm Höhe, im Kronenraum der Reben infolge verringerten Austausches eine höhere Temperatur als im Normalbestand geherrscht haben wird. Vielleicht ist deshalb ein positiver Effekt der Austauschverminderung auf die Ausbildung der Infloreszenzen in den Winterknospen der Triebe nachweisbar (3.3.), auf die Entwicklung der im "unteren Stockwerk" hängenden Traubenbeeren aber nicht vorhanden (3.4.).

Die in Strahlungsnächten *n i c h t* eingetretene, lediglich ange-deutete, relativ starke Abkühlung innerhalb des Windschutzes (Abb. 9) als Folge des herabgesetzten Austauschs oder sich stauender Kaltluft (während sie außerhalb des Windschutzes abfließt) mag mit der exponierten Lage der für unsere Versuche allein zur Verfügung stehenden Parzelle erklärbar sein. Sie liegt am Ausgang des Queichtals in die Rheinebene, etwa 30 m über der Talsohle (15), und wird in Strahlungsnächten regelmäßig von der Kaltluft überflutet, die als leichter bis mäßiger W-Wind mit Geschwindigkeiten bis 5m/sec (4,7 m ü. Gr.) aus dem Tal ausströmt. Nur bei Hochdruckwetterlagen mit *k r ä f t i g e r* E-Strömung, wie sie während der beiden Versuchsperioden 1968 und 1969 praktisch nicht vor-kam, kann sich in Strahlungsnächten der westliche Talwind gegen die großräumige E-Strömung nicht durchsetzen. Daher wurde in unserer Versuchsparzelle fast ausnahmslos in allen Strahlungsnächten der Temperaturgang nicht von der an Ort und Stelle gebildeten Kaltluft, sondern von der aus dem Queichtal "advehierten" bestimmt. Strahlungsnächte sind am Versuchsort nie windschwach oder gar windstill, denn entweder weht der Talwind aus W, oder es herrscht kräftige Windströmung aus dem E-Sektor, wobei im ersten Fall

die Nachttemperaturen merklich tiefer absinken als im zweiten. Und dies sind ungünstige Bedingungen für eine Kaltluftansammlung im Windschutz. - Auf der anderen Seite wirkte sich aber die Schattierung in Strahlungsnächten - trotz Kaltluft"advektion" - auf die Bestandstemperatur aus: wegen der behinderten langwelligen Ausstrahlung lagen die Minima durchschnittlich $1/2$ Grad höher als im Normalbestand (Tab. 2, Abb. 9).

Die Wirksamkeit der verringerten Einstrahlung einerseits und des verringerten Austausches andererseits auf die Rebe sollen nun getrennt einmal für das Wachstum und Reifen der Traubenbeeren, zum anderen für die sog. Knospenfruchtbarkeit und Ertragsbildung diskutiert werden. Da sich im Verlaufe des 2jährigen Versuches herausgestellt hat, daß die Verringerung des Austausches ohne nachweisbare Wirkung auf das Wachstum der Traubenbeeren blieb - worauf bei der Mitteilung der Ergebnisse (3.4.) des öfteren hingewiesen wurde - können wir uns im folgenden 1. Teil auf eine Diskussion der Wirkung der Globalstrahlung beschränken.

4.2. Die Wirkungsweise der verringerten Einstrahlung auf das Wachstum der Traubenbeeren

Die durch die drastisch reduzierte Einstrahlung geschaffenen ungünstigen Umweltbedingungen mußten zu einer insgesamt geringeren Photosyntheseleistung der Reben führen. Denn gleichzeitig mit der Globalstrahlung war natürlich auch die Lichtintensität entsprechend verringert. Die Berechnung der Beleuchtungsstärke aus Strahlungsmessungen ist theoretisch möglich (14), wobei der Zusammenhang vom Wellenlängenbereich, der Sonnenhöhe und Lufttrübung (und Bewölkung) abhängig ist. Das sichtbare Licht, als der pflanzenphysiologisch wichtigste Spektralbereich der Sonnenstrahlung, macht etwa 52% der Energie der Globalstrahlung aus (164). Doch zeigen alle entsprechenden Messungen, daß dieser Anteil mit den Bewölkungsverhältnissen sehr stark, etwa zwischen 20 und 65%, schwankt und an wolkenarmen Tagen durchschnittlich 40-50% beträgt (125, 138, 152); bei trübem Wetter liegt der Energieanteil des sichtbaren Lichts meist relativ hoch, im (natürlich schattierten) Inneren des Bestands dagegen relativ niedrig. Eigene

sporadische Messungen an Strahlungstagen stimmen mit denen aus anderen Schattierungsexperimenten (163) gut überein: die Helligkeit an der Obergrenze des Bestands wird von etwa 100 kLux auf 25-30 kLux verringert; und die höchsten beobachteten Mittagswerte der Globalstrahlung von $1,3 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ entsprechen einer Beleuchtungsstärke von etwa 120 kLux (20, 163).

Auch die Transpiration der Blätter war wegen der höheren Luftfeuchte und tieferen Temperaturen im schattierten Bestand herabgesetzt, und es ist anzunehmen, daß der verringerte Transpirationsstrom einen schwächeren Nährstofftransport in der Pflanze zur Folge hatte.

Wir haben zwar selbst keine Assimilations- und Transpirationsmessungen anlässlich der Versuche durchgeführt, aber eine große Anzahl von Untersuchungen anderer Autoren können als Beweise dienen. Z.B. fand LUNDEGARDH (115), daß die Netto-Assimilationsrate im Bereich zwischen Kompensationspunkt und optimalem Strahlungswert (dem sog. Lichtsättigungspunkt) dem Logarithmus der Lichtintensität proportional ist und weiter, daß die apparente Intensität der Photosynthese für Schattenblätter bedeutend niedriger liegt als für Sonnenblätter. Das wird auch durch die Beobachtung bestätigt, daß die nach Norden orientierten Blätter eines Rebstocks eine geringere Assimilationsleistung bringen (-20%) als die an der Südseite wachsenden und die im Inneren eine geringere als die an der Oberfläche des Bestandes (47). Der Leistungsabfall der Schattenblätter gegenüber den besonnten kann bis zu 40% betragen (156). Auf der anderen Seite hat HESSE (73) festgestellt, daß die Transpiration der Hirse an einem Strahlungstag bis 5 Mal höher sein kann als am trüben Tag. Und Messungen im Kartoffel- und Sojabohnenbestand (51, 117) zeigten einen sehr starken Rückgang der Transpiration bei künstlicher oder natürlicher Beschattung der Blätter. Versuche mit verschiedenen Rebenerziehungsmethoden zeigen die praktische Bedeutung dieser Tatsachen für den Rebanbau in den nördlichen Weinbaugebieten (107): sobald durch üppiges Triebwachstum die Laubwand zu dicht gerät und ein hoher Anteil an Eigenbeschattung der Blätter auftritt, sind Einbußen an Menge und Güte des Traubenertrags festzustellen. Denn die Trauben der Triebe, die im Schatten des Laubwerks wachsen, weisen bei der Ernte einen

signifikant niedrigeren Zuckergehalt auf als die Trauben der gut belichteten Triebe (156, 167, 169). Das Mostgewicht der Trauben ist mit der Laubdicke des Stocks negativ korreliert, während sich andererseits die Assimilationsleistung des Laubs im positiven Zusammenhang zwischen Traubenqualität und Blattfläche pro Traubengewicht ausdrückt (169). Eine bessere Belichtung des Rebstockkinnern (und der Trauben dort) ist durch Ausbrechen unfruchtbarer Triebe zu erreichen und führt sowohl zu höherem Zuckergehalt der Trauben wie zu einer Ertragssteigerung (2).

Der Lichtsättigungspunkt ist natürlich pflanzenverschieden und außerdem temperaturabhängig: er steigt mit der Temperatur bis zu einem Maximalwert an (115). Zudem sind für eine maximale Assimilationsleistung des Blattes der CO_2 -Gehalt der umgebenden Luft sowie Wasser- und Nährstoffversorgung ausschlaggebend. Auch innerhalb der Vitaceen schwankt der Wert der Lichtsättigung von Sorte zu Sorte sehr stark (58, 59), doch liegt er im allgemeinen über dem anderer Kulturpflanzen: die Rebe ist, zumindest in ihrem nördlichen Verbreitungsgebiet, eine sehr lichtbedürftige Pflanze. Maximale Assimilationsleistung vermag sie, bei sonst optimalen Bedingungen (Wasser, Nährstoffe, CO_2), nach BOSIAN (33) und anderen (71, 108) im Bereich von $25-30^\circ\text{C}$ und $30-60 \text{ kLux}$ zu erbringen, wenn auch neuere Untersuchungen an Topfreben mit Kunstlicht eine optimale Temperatur von nur 20°C ergaben (160). Diese Grenzwerte wurden für einzelne Blätter oder kleine Pflanzen ermittelt. Betrachtet man demgegenüber einen ganzen Rebstock, dessen Blätter nur teilweise optimal belichtet werden, von denen vielmehr ein erheblicher Prozentsatz nur wenig oder selten direktes Sonnenlicht erhält (abhängig von der Pflanzweite der Reben, der Erziehung, dem Rebschnitt usw.), so können sich diese für das Blatt festgestellten optimalen Helligkeitswerte beträchtlich erhöhen (169). Das Blatt des Apfels z.B. assimiliert bei "mittlerer" Helligkeit optimal, wogegen die beste Assimilationsleistung des ganzen Baumes erst bei nahezu vollem Sonnenlicht erreicht wird (HELNICKE und CHILDERS, zit. bei 169).

In Deutschland bietet der durchschnittliche Verlauf der Sommer- und Herbstwitterung der Rebe oft keine optimalen Strahlungsbedingungen. Viel seltener noch werden, gemessen an den hohen Ansprüchen, solche im schattierten Bestand herrschen, d.h. daß die reduzierte Strahlung vermutlich immer eine maximale Assimilationsleistung der Gesamtpflanze verhinderte. Dies gilt offensichtlich auch, wenn man einräumt, daß sich die Pflanze den extrem verschlechterten Lichtverhältnissen etwas anzupassen vermag. Versuche haben nämlich gezeigt, daß eine Verringerung des Sonnenlichts um 20-50% eine merkliche Anreicherung des Chlorophylls in den Blättern verursacht (96, 175). Ebenso führt eine partielle Verdunkelung der Blattfläche nicht zu einem dem verdunkelten Flächenanteil entsprechenden, sondern zu einem weit geringeren Rückgang der Assimilationsleistung (108). Aber diese Reaktion der Pflanze auf das beschränkte Lichtangebot beweist natürlich nicht, daß die Strahlungsbedingungen im schattierten Bestand ausreichend waren.

Auf der anderen Seite waren während der beiden Versuchsperioden, insbesondere 1968, die mittäglichen Strahlungs- und Temperaturwerte selten so außerordentlich hoch und gleichzeitig die Feuchtebedingungen so ungünstig, daß sie etwa im Normalbestand zu starken Depressionen der Assimilationsleistung geführt haben könnten. Mit anderen Worten: ein evtl. zeitweilig positiver Effekt der Schattierung auf die Assimilationsleistung der Reben (keine mittägliche Depression) darf wohl als sehr gering veranschlagt werden. Als Beweis hierfür können die eigenen Messungen der Beerenentwicklung und der Knospenfruchtbarkeit gelten; in der strahlungsreichen Versuchsperiode 1969 zeigte sich eine stärkere negative Wirkung der Schattierung als in der strahlungsärmeren Periode 1968. Außerdem können hier die Experimente aus dem strahlungsreichen Kalifornien (Davis) angeführt werden, wo eine künstliche Verminderung der Einstrahlung auf 30-21% ihres Wertes in bewässerten Rebanlagen sich nicht reifebeschleunigend auswirkt, sondern, wie bei unseren Versuchen, z.B. Zuckereinlagerung und Säureabbau in reifen Beeren verzögert (96, 163). Dieser Tatsache kommt dort übrigens eine sehr praktische Bedeutung zu, weil unter den extrem warmen und sonnigen Klimabedingungen mit Hilfe von Schattierungsmaßnahmen

während der Traubenreifung eine Verbesserung der Weinqualität erzielt werden kann. Denn wegen des verzögerten Säureabbaus wird der Traubenmost schließlich nicht zu säurearm sein, der Wein also eine gewisse Frische und Haltbarkeit aufweisen - so wie das für Weine deutscher Provenienz typisch ist, für solche aus "kalifornischen" Klimazonen aber normalerweise nicht zutrifft.

Praktisch dieselben Auswirkungen auf die Beerenentwicklung sind übrigens anstatt mit einer Reduktion der Einstrahlung mit einer Verringerung der Blattfläche zu erreichen (38, 91, 93, 97, 104, 134, 136, 162, 169, 173, 191). Genügend starkes Entblättern bzw. Einkürzen der Triebe hat ebenso wie unsere (genügend starke) Strahlungsreduktion eine Minderung der Qualität und Quantität des Traubenertrags zur Folge, wenngleich auch bei dieser Manipulation die Pflanze sich anzupassen sucht und auf die verminderte Blattfläche mit einer gesteigerten Assimilationsleistung pro Blattflächeneinheit reagiert (38, 108, 191).

Ein weiterer Gesichtspunkt darf neben der durch die Schattierung eingeschränkten Assimilationsleistung der Blätter und den sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Beerenentwicklung nicht übersehen werden: es ist die Schattenwirkung auf die Traube direkt. Wenn solange die Beeren grün sind, besitzen sie die Fähigkeit zu assimilieren (56, 60, 79, 109, 111), und ihre Assimilationsleistung ist ebenso temperatur- und helligkeitsabhängig. Außerdem werden die in der Beere ablaufenden metabolischen Prozesse der Bildung, des Um- und Abbaus oder der Veratmung von Zucker und Säure von der Beerentemperatur beeinflusst (86, 111, 150, 171). Aber aus der Literatur (93, 94, 131, 143, 144) läßt sich entnehmen, daß die Auswirkung von Licht und Temperatur auf die Traube im Vergleich zur entsprechenden Wirkung auf das Blatt von untergeordneter Bedeutung ist. So werden also in der Tat alle beobachteten Effekte der reduzierten Globalstrahlung in der Zusammensetzung der Beereninhaltsstoffe und in den Ertragsfaktoren primär als eine Folge der geringeren Assimilationsleistung der Blätter zu deuten sein. Denn "die Photosynthese ist zweifelsohne der wichtigste physiologische Prozeß in der Pflanze: der der Stoffproduktion in den Blättern" (188).

4.2.1. Das Einzelbeerengewicht

Bis zum Beginn der Schattierung, wenige Tage nach Ende der Reblüte, waren alle Reben seit dem Austrieb (Ende April) unter denselben bestandsmeteorologischen Bedingungen gewachsen, und die Anzahl der Blätter betrug jetzt 15-20 pro Trieb. Diese Zahl ist bereits ausreichend, um eine optimale Beerenentwicklung zu ermöglichen (38, 91, 93, 124, 162, 184, 191), wenn auch zu diesem Zeitpunkt noch nicht alle Blätter ausgewachsen und zum Assimilateexport befähigt sind; doch dieser setzt bereits ein, wenn das Blatt 1 Drittel (104) oder die Hälfte (66) seiner Endgröße erreicht hat. Sichergestellt ist jedenfalls, daß der Blühverlauf und das Ansetzen der Beeren im anschließend schattierten Bestand wie im Vergleichsbestand unter denselben Umweltbedingungen erfolgten, ein gleicher Start des Beerenwachstums in sch und normal also gegeben war. Doch dann nahm während der ganzen Versuchsperiode in der schattierten Parzelle das Beerengewicht wegen der schwächeren Assimilationsleistung der Blätter langsamer zu als im Normalbestand, so daß zur Erntezeit eine Ertragseinbuße allein infolge kleinerer Beeren von rund 30% festzustellen war. Wenn auch die im Experiment erzeugte extreme Standortdifferenzierung in der Natur nicht vorkommt, so ist doch sicher mit einer witterungsbedingten Jahresschwankung der Beerengröße zu rechnen. Da wir mit 1968 und 1969 zufällig zwei Versuchsjahre mit sehr unterschiedlicher Sommerwitterung hatten, können wir diese Behauptung sogleich mit eigenen Messungen beweisen: im Normalbestand waren die Beeren am Ende der kühlen, strahlungsarmen und sehr feuchten Versuchsperiode 1968 kleiner als am Ende der viel strahlungsreicheren Periode 1969 (Tab. 12); der Unterschied des Einzelbeerengewichts zwischen 2,2 und 1,9 g ist gesichert.

Überraschenderweise harmonisieren diese Jahresunterschiede nicht mit Ergebnissen von Untersuchungen, die während derselben Zeit in Neustadt/Wstr. (etwa 20 km von unserem Versuchsort entfernt) durchgeführt worden sind (50). Die 8 dort geprüften Sorten brachten 1969 ausnahmslos kleinere Beeren als 1968 (Unterschiede bis 30%), obwohl die Beerenzahl pro Stock 1969 z.B. bei Silvaner, Müller-Thurgau und Riesling nur 52-70% derjenigen des Vorjahres betrug und nach unseren Beobachtungen aus dem Versuchsjahr 1970 hohe

Stockbelastung das Einzelbeerengewicht negativ beeinflusst (s. S. 60). Sowohl Witterung wie Stockbelastung hätten also ein umgekehrtes Ergebnis, nämlich 1969 größere Beeren als 1968 erwarten lassen. Daß dieses nicht eintrat, mag neben möglichen anderen Ursachen auf die relativ geringen Niederschlagsmengen im Jahr 1969 zurückzuführen sein, die den Faktor Wasser in Neustadt eher ins Minimum geraten ließen als an unserem Versuchsort, weil die Böden dort leichter sind und zudem die Regenmengen vor allem im September und Oktober noch geringer waren als bei uns: 18 mm während der beiden Monate (16), bei uns immerhin 49 mm. - Daß Wassermangel das Rebenwachstum hemmt, ist unbestritten (32, 36, 67, 81, 100, 168), und die große Bedeutung einer ausreichenden Wasserversorgung für Qualität und Quantität des Traubenertrags konnten KLENK et al. (85) im Trockenjahr 1947 in Württemberg eindrucksvoll nachweisen, indem sie von Anfang August bis Mitte September in 3 Raten 90 mm Wasser gaben und dadurch Ertragssteigerungen von 40 bis 60% gegenüber unbewässerten Weinbergen erzielten - Ertragssteigerungen als Folge größerer Beeren.

Sonst bestätigen unsere Ergebnisse des Einzelbeerengewichts diejenigen anderer Autoren, die entweder ganze Rebstöcke oder einzelne Triebe beschatteten oder Triebe teilweise entblättern (93, 95, 96, 122). Dabei scheinen exogene Faktoren besonders stark während der ersten beiden Wachstumsphasen zu wirken, denn außergewöhnlich rasches oder stark gehemmtes Beerengrößenwachstum während dieser Zeit wirkt noch bis zum Erntezeitpunkt nach (96, 99, 102). Auch TUKEY (177) konnte durch eine erhöhte Nachttemperatur bis etwa 30°C und tagsüber natürlichen Bedingungen (Australien; mittl. Temperatur tagsüber um 30°C) allein während der ersten beiden Wochen nach der Blüte das Beerengewicht so steigern, daß der Effekt bei der Reife noch erkennbar war. KIEWER (91) stellte fest, daß ein teilweises Entblättern des Triebs kurz nach dem Beerenansetzen zur Folge hat, daß die Wachstumsgeschwindigkeit gegenüber der Kontrolle immer kleiner bleibt, wogegen ein Entblättern erst in Phase III (lag-Phase) zwar auch zu einer geringeren Beerenendgröße führt, aber nicht als Folge geringerer Wachstumsgeschwindigkeit, sondern nur wegen verspätetem Eintritt der Phase IV. Die große Empfindlichkeit für äußere Einflüsse

während Phase II erklärt er mit der während dieser Zeit stattfindenden Zellteilungen in der Beere (70). Von der Anzahl der jetzt gebildeten Zellen hängt es in großem Maße ab, welches Gewicht die Beere schließlich erreichen kann; denn später (Phase IV) geschieht die Größenzunahme nur noch durch Streckung der Zellen, nicht mehr durch Neubildung.

Unter diesem Gesichtspunkt kann jetzt nochmals das Beerenwachstum in normal während der Versuchsperioden 1969 und 1968 betrachtet werden. Dem Unterschied 2,2-1,9 g mittleren Beerenengewichts (Tab. 12) steht die in beiden Versuchsperioden gleiche Globalstrahlung von $29 \text{ kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$ gegenüber (Tab. 1). Aber gerade während der für die Beerengröße offenbar sehr wichtigen ersten Tage und Wochen nach der Blüte war die Witterung in den beiden Jahren äußerst gegensätzlich: sonnig-warm und trocken 1969, sehr feucht und strahlungsarm im Jahr zuvor (siehe 3.1. und Abb. 6 und 7)! So ist es also wahrscheinlich, daß die Ursache für das höhere Einzelbeerengewicht 1969 in den günstigen Umweltbedingungen während der ersten Zeit nach dem Ansetzen zu suchen ist. Bemerkenswert ist, daß auch die Samen der Beeren in dieser Phase offensichtlich stark auf Umwelteinflüsse reagieren, denn ihr Wassergehalt nahm 1969 viel rascher ab als 1968: auf 65% bis zum 40. Tag nach Blühende, 1968 nur auf 76% (Abb. 24, normal); im weiteren Verlauf war dann die Intensität der Wasserabnahme in den beiden Jahren kaum voneinander verschieden, sodaß die Samen schließlich Ende Oktober 1969 noch 46%, 1968 51% Wasser enthielten. Diese Ergebnisse sind mit den Beobachtungen von LOTT (114) gut in Einklang zu bringen. Er fand nämlich zwischen der Keimfähigkeit der Rebsamen und den Temperaturverhältnissen in den 6 Wochen nach Blühbeginn eine enge Korrelation: hohe Temperaturen in dieser Zeit fördern die Samenentwicklung. Gut entwickelte Samen während der Phasen I + II des Beerenwachstums werden aber relativ viel Wuchsstoffe bilden und an die Beere abgeben können, somit zu einer relativ raschen Zunahme des Beerenengewichts führen. Und nimmt man die Samen als Syntheseort der Wuchsstoffe an (43, 80, 135), so wird man richtiger von der Samenentwicklung auf das Beerenwachstum schließen und nicht umgekehrt. Tatsächlich zeigen unsere Messungen des Samengewichts in den noch grünen Beeren, daß pro Samengewichtseinheit in beiden Jahren und in allen 3 Parzellen ohne Unterschied immer dieselbe Beerenfrischgewichtsmenge "produziert" wird (Tab. 13)

Eine Entscheidung darüber, ob das Beerengrößenwachstum allein durch die reduzierte Einstrahlung gehemmt wurde oder auch durch die gleichzeitig erniedrigte Luft- und vor allem Pflanzentemperatur bzw. welcher der beiden Faktoren größeren Einfluß nimmt, kann aus unserer Versuchsanstellung schwerlich getroffen werden. Auf dieses Ziel war unser Experiment auch nicht ausgerichtet gewesen; vielmehr sollten mittels der Schattierung extrem strahlungsarme Witterungsbedingungen simuliert werden, und das ist ja weitgehend gelungen (siehe 3.2.2.). Gleichwohl kann man aus der Tatsache, daß durch Reduktion der Einstrahlung die Lufttemperatur im Bestand durchschnittlich um weniger als 1°C absank, folgern, daß diese Größe von zweitrangiger Bedeutung sein wird. Darüberhinaus ist aus der Wärmehaushaltsgleichung (s. S. 3) zu entnehmen, daß nur bei Strahlungswetter die Globalstrahlung als ökologischer Faktor dominieren kann, während bei trübem Wetter der Lufttemperatur die größte Bedeutung zukommt. - Über den Einfluß der Temperatur (der Umgebung der Pflanze) auf das Beerengewicht liegen aus der Literatur z.T. widersprüchliche Ergebnisse vor. TUKEY (177) konnte, wie bereits erwähnt, durch hohe Nachttemperaturen während der Phasen I + II das Beerenwachstum fördern, während in Japan mittlere gleichbleibende Tag- und Nachttemperaturen von $20-22^{\circ}\text{C}$ (99) oder ein Tag/Nacht-Wechsel von $25/20^{\circ}\text{C}$ (101) bzw. eine Nachttemperatur von 28°C (102) für das Beerenwachstum während der Phasen I - III als optimal gefunden wurden. In Gewächshausversuchen mit Temperatur- und Helligkeitsvariationen während der Zeit der Beerenreife (Phase IV) stellten KLIEWER und LIDER (95) fest, daß niedrige Temperaturen bei gleichen Strahlungsverhältnissen das Beerenwachstum fördern, niedrige Lichtintensitäten bei gleicher Temperatur es dagegen hemmen. Dieser Befund bedeutet für unsere Ergebnisse in der Tat, daß, zumindest während der Phase IV, die Einstrahlung von größerer Bedeutung für die Beerengröße wäre als die Lufttemperatur.

4.2.2. Die Zuckereinlagerung in die Beeren

Anhand unserer Beobachtungen läßt sich nicht feststellen, ob der kleinere Beerenwuchs im schattierten Bestand zugleich mit einer Änderung der Dauer der einzelnen Wachstumsphasen verbunden ist, weil sich die einzelnen Phasen nicht sehr deutlich gegeneinander abgrenzen (s. S. 58). Aber da der Beginn der Phase IV (Reifungsphase) zeitlich mit dem Beginn der Zuckereinlagerung zusammenfällt - das Beerenwachstum in Phase IV kommt ja durch die einwandernden Zucker und Wasser zustande (43, 65) - kann wenigstens die Andauer der drei ersten Phasen zusammen und deren Beeinflussung durch Strahlungsreduktion am Beginn der Beerenreife erkannt werden. Und da zeigt sich sehr deutlich, daß ungünstige Umweltbedingungen die Dauer der Wachstumsphasen verlängern, das Beerenwachstum also ganz allgemein verzögern: die Schattierungsmaßnahme führte in beiden Versuchsjahren zu einem 6-10 Tage späteren Reifungsbeginn (Abb. 27, 28 und 30, unten). Außerdem sind Jahrgangsunterschiede zu erkennen, denn 1969 setzt die Zuckereinlagerung in den normal-Beeren am 42. Tag nach Blühende ein, im Jahr davor rund 1 Woche später (Abb. 27). Diese Verschiebung wird in ursächlichem Zusammenhang mit den in den beiden Jahren während der ersten Versuchswochen so gegensätzlichen Witterungsverlauf stehen, denn die Wirkung der Schattierung beweist ja den Einfluß der Umweltfaktoren auf den Zeitpunkt des Reifebeginns.

Die Andauer der Wachstumsphasen I - III ist also durchaus nicht "sehr umweltstabil" (59). Sogar auch dann, wenn erst kurz vor Beginn der Reifungsphase durch künstliche Schattierung ungünstige Wachstumsbedingungen erzeugt werden, gelingt es, den "Start" zur Zuckereinlagerung in die Beeren hinauszuschieben (96). Denselben Effekt erzielt man auch, wenn man den Trauben tragenden Trieb teilweise entblättert (38, 91, 93). Versuche mit Topfreben, die bald nach dem Ansetzen der Beeren verschieden stark eingekürzt wurden, führten z.B. bei der Variante mit 6 über der Traube belassenen Blättern zu einem um 3 Wochen gegenüber der Kontrollrebe (12 Blätter) verzögerten Reifebeginn (38). Im übrigen wird allgemein die Ansicht vertreten, daß von den ersten Wachstumsphasen besonders die Dauer der lag-Phase (Phase III) modifikabel ist. Aus Sortenvergleichen (50) und Gegenüberstellungen von di- und tetraploiden Formen einzelner Rebsorten (133) kann dies ebenso abgeleitet werden wie aus Experimenten mit Auxinapplikation (65).

Die nun mit Phase IV sehr unvermittelt einsetzende Zuckerakkumulation (eigentlicher Reifungsvorgang) in die Beeren ist eine typische Erscheinung im Verlaufe der Beerenentwicklung, und es ist lohnend, anhand der Literatur diesen physiologischen Umschwung (véraison) zu beleuchten. Zunächst scheint gewiß zu sein, daß das "Startzeichen" für den Reifungsbeginn von der Beere selbst gegeben wird und daß das derart rasche Einsetzen dieses Vorgangs nur mit hormoneller Steuerung (Auxine, Gibberelline, Kinetine) erklärbar ist (65, 158, 185, 189). Eine Bestätigung hierfür liefern Experimente mit Auxinapplikation und die Tatsache, daß zwischen der Samenzahl pro Beere und dem Beginn der Reifungsphase eine enge Korrelation besteht (siehe 3.4.5.) - denn die Samen gelten ja als der Syntheseort der Wuchsstoffe. Der jetzt in die Beere einwandernde Zucker stammt teilweise direkt aus den Blättern, und zwar mit fortschreitender Reife zu einem immer geringeren Teil aus den alten, basalen Blättern der Traubenregion oder gar den unterhalb der Traube inserierten, als vielmehr aus den jüngeren, nahe der Triebspitze stehenden (66, 104). Die Assimilationsleistung der Blätter läßt nämlich mit zunehmendem Alter wieder nach (108, 110), und zudem ist seit dem Beginn des Beerenwachstums nicht mehr die Triebspitze, sondern die wachsende Traube (neben dem Altholz bzw. den Wurzeln) der stärkste "sink" für die Assimilate, und zu Beginn der Beerenreife exportieren selbst nahe der Triebspitze stehende Blätter fast ausschließlich basipetal: das Triebwachstum hört auf. Der Beginn der Wachstumsphase IV und das Ende des Triebwachstums fallen zeitlich etwa zusammen (188). Die Assimilate bestehen fast ausschließlich aus Saccharose (104, 174) und werden auf dem Weg oder beim Eintritt in die Beere durch Invertase gespalten (72, 116); denn Saccharose selbst wird in den reifenden Beeren nur zu einem geringen Anteil vorgefunden, vielmehr machen Glucose und Fructose mehr als 95% der Beerenzucker aus. Ein weiterer Teil des Zuckers stammt aus mobilisierten Reserven in Trieb und Holz (38, 43, 93, 116, 128). Dieser Anteil kann u.U. sehr groß sein, was sich zeigen läßt, wenn man den Trieb zu Beginn der Reifungsperiode völlig entblättert, aus den Blättern also kein Zucker geliefert werden kann; die Beeren erreichen dann nämlich immerhin etwa 60% des Zuckergehalts der Beeren am unbehandelten Trieb (93). Indessen stammt dieser Zucker doch nicht ausschließlich aus Holz, Trieb (und Wur-

zeln), denn eine dritte "Zuckerquelle" befindet sich mit der Äpfelsäure in der Beere selbst, weil diese während der Beerenreifung veratmet und z.T. in Glucose und Fructose umgebaut wird (49, 148, 171). Schließlich ist der Beginn der Zuckerakkumulation von sich ändernden Enzymaktivitäten (Invertase, Saccharose-Phosphat-Synthetase u.a.) begleitet (72).

Dieser Prozeß der Zuckeranreicherung in den Beeren setzt also unter ungenügenden Strahlungsbedingungen (Sch) verspätet ein, 1968 später als 1969, an Trieben mit relativ wenig Blattfläche später als an gut belaubten. Die "stoffwechselphysiologische Umstimmung" des Rebetriebes (9) vom Triebwachstum zur Kohlenhydrateinlagerung erfolgt später.

Vieles deutet darauf hin, daß es in weiten Grenzen allein die A n d a u e r der Reifungsphase ist, die das (sortenabhängige) Mostgewicht der Beeren am Ende der Vegetationszeit bestimmt, in viel geringerem Maße oder überhaupt nicht dagegen die G e - s c h w i n d i g k e i t (Intensität) der Zuckereinlagerung während dieser Zeit. Diese scheint weitgehend unabhängig von allen Faktoren oder Maßnahmen zu sein, die das Mostgewicht der Beeren beeinflussen. Das würde praktisch bedeuten, daß eine Steigerung des Mostgewichts grundsätzlich nur dadurch zu erreichen ist, daß der Beginn der Reifungsphase vorverlegt wird.

Für die Faktoren Witterung und Stockbelastung wird diese Hypothese durch unsere eigenen Versuche bzw. solche der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung (BFA) gestützt, für die Größe der Assimilationsfläche tun das die Arbeiten einer Reihe anderer Autoren. Detaillierte Untersuchungen darüber, wie z.B. Nährstoffversorgung, künstliche Bewässerung usw. den Verlauf von Beerenwachstum und -reifung beeinflussen, sind dem Verfasser nicht bekannt, so daß über die Gültigkeit der Hypothese für diese Faktoren keine Aussagen möglich sind.

Die Unabhängigkeit der Zuckerakkumulationsrate von der Witterung zeigt sich deutlich im parallelen Verlauf der entsprechenden Kurven in beiden Versuchsjahren und im schattierten wie im unschattierten Bestand (Abb. 27 und 28). Der Anstieg des Zuckergehalts pro Frischgewichtseinheit und des Mostgewichts erfolgt, wenn erst mal die lag-Phase beendet ist, von äußeren Einflüssen offenbar unabhängig, immer gleich rasch. Aus dem Ergebnis, daß sogar extrem "schlechte"

Strahlungsverhältnisse (Sch) keinen Unterschied in der Intensität der Zuckereinlagerung hervorrufen, darf geschlossen werden, daß Jahresschwankungen bei ein und derselben Rebsorte kaum auftreten werden. In unseren beiden Versuchsjahren waren auch tatsächlich keine vorhanden. Auch die von HUSFELD (77) beschriebenen "Reifungskurven" des Riesling aus den Jahren 1951 und 1952 sind ein gutes Beispiel dafür: der Anstieg der Zuckerkurve (⁰Oechsle) ist in beiden Jahren gleich, wenn auch der Beginn der Reifung im außergewöhnlich sonnig-warmen Sommer 1952 nicht weniger als 4 Wochen früher lag als 1951. Ein weiteres Beispiel aus der BFA (unveröffentlicht) kann mit dem Reifungsverlauf der Neuzucht Sbl. 2-19-58 in den Jahren 1953 und 1956 gegeben werden. In beiden Jahren betrug die tägliche Mostgewichtszunahme während der 4-5 Wochen dauernden Phase der intensiven Zuckereinlagerung 2,7⁰Oe, obwohl während dieser Zeit die Witterungsbedingungen in den beiden Jahren sehr verschieden waren und z.B. die Mitteltemperatur 1953 (27.7.-30.8.) 18,4⁰C, 1956 (21.8.-18.9.) aber nur 14,5⁰C betrug. Es fehlt in diesen Beispielen jedoch der Fall extremer (Boden-) Trockenheit, die im Herbst gelegentlich dazu führen kann, daß das Mostgewicht "stehenbleibt", die Zuckereinlagerung in die Beeren gestoppt oder unterbrochen wird. Es wäre interessant zu untersuchen, ob durch Bewässerung die Zuckerzunahme wieder in Gang zu bringen ist und ob diese dann mit derselben Intensität erfolgt wie vor der Unterbrechung.

Der Einfluß einer verringerten Blattfläche auf den Zuckergehalt der Trauben und die Parallelität der Wirkung dieser Maßnahme zu der der Schattierung (verringerte Assimilationsleistung durch reduzierte Assimilationsfläche im ersten Fall, durch reduzierte Strahlung im zweiten) wurde schon wiederholt herausgestellt. Jetzt zeigt sich eine weitere Parallele: die Intensität der Zuckereinlagerung bleibt auch bei drastischer Reduktion der Blattzahl am Trieb unverändert (38, 91, 93). Für Topfreben genügt nach BUTTROSE (38) bereits 1 Blatt (über der Traube inseriert), um, wenn auch mit mehrwöchiger Verzögerung, mit derselben Intensität Zucker in die Beeren einzulagern. Aus der am Ende der Beerenreife durchgeführten Analyse der einzelnen Rebeile geht hervor, daß die Verminderung der Blattfläche zu einer relativ geringen Einlagerung von Reservestoffen in Holz, Trieb und Wurzeln und auch zu einem

niedrigen Zuckergehalt der Beeren (wegen verkürzter Reifephase) führt. Umgekehrt konnte an Riesling experimentell nachgewiesen werden (145), daß Ertragsreduktion durch Ausschneiden von Trauben (Ausdünnen) - was eine Vergrößerung des Blatt:Frucht-Verhältnisses bedeutet - zu einem früheren Reifebeginn führt, aber wiederum die Intensität der Zuckereinlagerung nicht verändert.

Diese außergewöhnliche Konstanz der Reifungsgeschwindigkeit erlaubt es, damit die Qualität einer Sorte zu charakterisieren (77). Wenn die Sorten unterscheiden sich in der Intensität der Zuckereinlagerung zum Teil erheblich voneinander (50). Im Vergleich zur oben angeführten Sbl. 2-19-58, die mit $2,7^{\circ}\text{Oe}$ pro Tag sehr rasch Zucker einlagert, reift der Riesling langsam: aus den o.a. Reifungskurven (77) ist eine maximale tägliche Mostgewichtszunahme von $1,5^{\circ}\text{Oe}$ zu entnehmen; und unsere Versuchssorte liegt bei $0,9^{\circ}\text{Oe}$ pro Tag. Dagegen scheinen zwischen di- und tetraploiden Formen einer Rebsorte keine Unterschiede zu bestehen (26, 133), was also bedeuten würde, daß die allgemein höheren Mostgewichte bzw. die frühere Reife der tetraploiden allein durch einen früheren Reifebeginn, nicht aber durch eine höhere Reifungsgeschwindigkeit zustande kämen. Wenn auch eine Erklärung für diese Frühreife noch nicht gegeben werden kann (25), so ist doch naheliegend, daß sie mit der relativ geringen Samenmasse pro Beerenfrischgewicht zusammenhängt, die zwar einen frühen Reifungsbeginn bedingt, aber die Reifungsgeschwindigkeit, d.h. die Intensität der Zuckereinlagerung, nicht oder kaum beeinflusst. Diese Vermutung folgt z.B. aus einem Vergleich der samenhaltigen "Tokay"-Beeren mit den Beeren der samenlosen Variante "Tokay Seedless" (80) und aus der Beobachtung an unserer Versuchssorte, wo die aussortierten Beeren mit relativ wenig Samen (gelbe Beeren) ebenso schnell reiften wie die mit relativ vielen (grüne Beeren), der Reifungsbeginn der ersten aber gut feststellbar einige Tage früher lag als der der anderen. Ferner spricht der am Ende der Phase III gefundene enge Zusammenhang zwischen Samengewicht und Beerengröße und der nur lose am Ende der Phase IV (Tab. 13) dafür, daß die Samen wohl für das Beerenwachstum während der Phasen I - III von Bedeutung sein mögen, wogegen das Wachstum in Phase IV, also der Vorgang der Zuckereinlagerung, vom Samengehalt weitgehend unabhängig erfolgt.

Die "sink"-Wirkung, die die Beere während der Reifungsphase auf die Zucker ausübt, wird also, anders als der Zeitpunkt des Beginns dieser Phase, offensichtlich nicht von Wuchsstoffen reguliert. Sie scheint genetisch fixiert und in weitem Bereich weder durch endogene noch durch exogene Faktoren modifizierbar zu sein. So wird auch verständlich, daß die von vielen Autoren (55, 132, 137, 139, 176, 189) an reifen Beeren gefundene Korrelation zwischen Samenzahl und Beerengröße z.T. stark streuende Werte aufweist ("Korrelationsbrecher"). Ein kausaler Zusammenhang zwischen Samen-gehalt (Wuchsstoffproduktion) und Beerengröße erscheint bei unreifen Beeren sehr wahrscheinlich, bei reifen aber wohl nicht gegeben zu sein.

Das Nachlassen und Aufhören der Zuckereinlagerung in die Beeren, somit das Ende der Phase IV, wird dagegen durch eine ganze Reihe endogener und exogener Faktoren geregelt bzw. beeinflusst, die in ihrem Zusammenwirken auch den Vegetationsabschluß bestimmen. Da ist zunächst der pflanzenphysiologische Reiz der Photoperiode zu nennen, die das Pflanzenwachstum im Jahresgang steuert und bei abnehmender Tageslänge die Umstellung des Stoffwechsels induziert (5, 6, 9). Daneben sind die Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode, Temperatur, Strahlung und Niederschlag vor allem, von großer Bedeutung, weil sie diesen photoperiodisch geregelten Ablauf modifizieren. So ist beim Vergleich der beiden Versuchsjahre miteinander nicht nur die Witterung während der Versuchsperiode (Juli-Oktober), sondern der gesamte Zeitraum seit dem Austrieb der Reben (Ende April) zu betrachten. Das intensivste Triebwachstum findet ja vor Versuchsbeginn (im Langtag) statt (5, 188), die Einlagerung der Assimilate in Trieb, Holz und Wurzeln also ebenfalls bereits (auch) vor der Blüte (66, 104). Es fällt auf, daß zwar 1968 Phase IV früher ausklang als 1969, jedoch in beiden Jahren Zuckereinlagerung, Trockensubstanzbildung usw. (Abb. 23, 24, 27 und 28) in normal wie in Sch etwa gleichzeitig zuende gingen. Letzteres deutet in der Tat darauf hin, daß die Zeit vor Versuchsbeginn für das Ende der Phase IV mitbestimmend ist; denn der künstlich hergestellte Unterschied im Strahlungsge-
nuß zwischen beiden Parzellen ist viel größer als der zwischen 1968 und 1969. Ebenso gut kann man aber auch schließen, daß für

die Andauer der Reifungsperiode, oder besser: für das Ausklingen der Vegetationsperiode weniger die Strahlung als vielmehr die Temperatur bestimmend ist, denn letztere weicht, verglichen mit den natürlichen Jahresschwankungen, in Sch weniger stark von der in normal ab als erstere. Doch kann wiederum nicht die Temperatur erst gegen Ende September oder im Oktober für den Vegetationsabschluß bestimmend sein, denn 1969 (mit der länger andauernden Phase IV) war es zu dieser Zeit kühler als 1968 (Abb. 4a und b). Ein weiterer Faktor, der Niederschlag, darf auch nicht unberücksichtigt bleiben, denn in dieser Hinsicht waren die Sommer- und Herbstmonate der beiden Jahre extrem verschieden: im Vierteljahr Juli-September fielen 1968 418 mm Regen ($\frac{4}{5}$ 195% des Mittels 1948-67), 1969 dagegen nur 173 (81%). Vermutlich wird aber schließlich wohl den in beiden Jahren sehr gegensätzlichen Temperaturverhältnissen in der Zeit von Mitte Juli bis Mitte August große Bedeutung für das Ende der Phase IV (oder das Ende der Vegetationsperiode) beizumessen sein. Denn nach ALLEWELDT (6) bekommt die Pflanze bereits zu dieser Zeit als Reiz der abnehmenden Tageslänge das "Signal zur Ruhe", zum Vegetationsabschluß, und es ist durchaus denkbar, daß dieses "Signal" bei den relativ hohen Temperaturen 1969 später gegeben wurde als im Vorjahr. Denn die Temperatur ist von Einfluß auf die Stärke des "Signals".

Die Zuckerakkumulation in den Beeren geht nicht nur mit der Assimilationsfähigkeit der Blätter und deren Assimilateexport zuende, sondern für die Menge des schließlich in den Beeren vorhandenen Zuckers spielt auch die Menge der in Trieb und Altholz angesammelten Speicherstoffe eine Rolle, die während der Beerenreifung teilweise in die Beeren transloziert werden. Weiterhin ist die zu Beginn der Reifungsphase in der Beere vorhandene Äpfelsäure für den Endzuckergehalt mitbestimmend. Dabei ist die Temperatur während des enzymatisch katalysierten Umbaus in Glucose und Fructose von Bedeutung. Die Wichtigkeit der Umweltbedingungen während der Phase IV für den erreichbaren Zuckergehalt der Beeren beweisen auch alle jene Versuche, die erst ab Beginn dieser Phase, z.B. durch Schattierung im Freiland oder Licht- und Temperaturvariationen im Gewächshaus, die Umweltbedingungen veränderten (86, 90, 92, 93, 96, 98, 163, 169). Sie zeigen übereinstimmend, daß Temperatur- und/oder Strahlungsverringerung einen verzögerten Reifungsprozeß ver-

ursachen, aber es ist nur schwer zu entscheiden, ob dieser Effekt auf einen verspäteten Reifungsbeginn, d.h. eine verkürzte Reifungsphase oder auf eine verlangsamte Zuckereinlagerung oder auf beides zurückzuführen ist.

Betrachtet man die Ergebnisse aus allen Schattierungsversuchen (Schattierungsbeginn bereits nach dem Beerenansetzen oder später), so weisen die schattierten Reben immer eine kürzere, höchstens gleich lange Reifungsphase IV auf (wegen späterem Reifebeginn) und die Beeren erreichen meist kein so hohes Mostgewicht wie an den normal belichteten Reben. In unserem Versuch betragen die Differenzen im 1. Jahr 8⁰Oe (Tab. 12), im 2. lägen sie bei gleicher Stockbelastung in normal und Sch bei 14⁰Oe (s. S. 85). Dieser Jahrgangsunterschied zeigt deutlich die stärkere Effizienz der Schattierungsmaßnahme im strahlungsreicheren und relativ trockenen 2. Jahr. Wichtig ist dabei, daß die Umweltbedingungen während der Wachstumsphasen I - III, in denen die Beeren praktisch noch keinen Zucker enthalten, von ähnlich großer Bedeutung für den Endzuckergehalt der reifen Beere sind wie diejenigen während der Reifungsphase selbst; denn während der ersten Wochen des Beerenwachstums (Phase der Zellteilungen) wird die Beerengröße nachhaltig beeinflußt und mit der Andauer der Phasen I - III ist der Beginn der Reifung gegeben. So kommen schließlich die großen Unterschiede im Beerenzucker pro Stock zustande. 1968, bei gleicher Beerenzahl pro Stock in allen 3 Parzellen, produzierten die Sch-Reben nur 97 g gegenüber 169 in normal (Tab. 12), und die Beerenzuckerproduktion im Normalbestand war unter den günstigen Umweltbedingungen 1969 höher als 1968 (209 bzw. 169 mg), trotz 10-15% geringerer Beerenzahl pro Stock 1969 (s. S. 51). Der außerordentlich geringe Beerenzucker pro Stock in Sch 1969 mit nur 59 g (gegenüber normal mit 209) ist aber nicht allein eine Folge unzureichender Strahlungsbedingungen 1969, sondern, wie in 3.4.4.9. dargelegt, die Folge der extrem niedrigen Strahlung in z w e i aufeinanderfolgenden Jahren. Dieser Wert zeigt sehr eindrucksvoll die Bedeutung der Strahlung bzw. des Lichtes für die Ertrags- und Qualitätsbildung und bringt anschaulich den erheblichen Leistungsabfall der Pflanze zum Ausdruck. Mit der verminderten Stoff-

produktion in der Frucht gehen gewiß auch geringere Reservestoffeinlagerungen in Holz und Wurzeln parallel (38, 184), die aber nicht untersucht worden sind.

Die in unseren Versuchen gefundenen erniedrigten Mostgewichte infolge Schattierung sind mit den Resultaten aus ähnlichen Experimenten (93, 96, 122, 147, 163, 169) nur schwer quantitativ vergleichbar. Abgesehen von der Verschiedenartigkeit der Rebsorten und der Standortverhältnisse (Boden, Düngung, Wasserversorgung usw.) erfolgten die Schattierungsmaßnahmen meist nicht während der ganzen Zeit der Beerenentwicklung; ferner wurden in vielen Fällen nur die Mostgewichte am Ende des Versuchs festgestellt, und schließlich fehlen immer genaue Angaben über den Verlauf der Witterung (Strahlung, Temperatur). Für die Untersuchungen in Kalifornien und Australien kann aber während der Versuchsdauer meist mit Strahlungswetter gerechnet werden, denn die Globalstrahlung von April bis August beträgt dort rund $100 \text{ kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$ (96) - in Trier z.B. nur wenig mehr als die Hälfte davon (16). Und dort hatte eine mit der unsrigen vergleichbare Reduktion der Globalstrahlung (Schattierungsvariante A: 70%, B: 80% Helligkeitsminderung) größere Wirkung auf die Beerenreifung ("White Riesling") als in unserem Experiment. Anfang September, während der Reifungsphase, lagen die Mostgewichte im Normalbestand 20 bzw. 30°Oe höher als in A und B, bei uns waren 1969 nur 8°Oe Differenz vorhanden bzw., wenn man den geringen Ertrag in Sch "korrigiert" (s. S. 85), 14°Oe. Diese unterschiedlichen Versuchsergebnisse können zu einem kleinen Teil mit der sortenverschiedenen Reifungsgeschwindigkeit erklärt werden: "White Riesling" nimmt um 1,3°Oe pro Tag zu, unsere Sorte nur um 0,9. Vor allem dürften sie aber auf die sehr unterschiedlichen Strahlungsbedingungen an den beiden Versuchsorten zurückzuführen sein: höhere (natürliche) Strahlungswerte führen zu größerer Effizienz der Schattierung. Überraschend groß ist indessen die Wirkung der Schattierung B im Vergleich zu A trotz relativ geringer Verstärkung der Schattierung. Dies ist ein Hinweis darauf, daß die natürliche Strahlung in Kalifornien, verbunden mit hohen Mittagstemperaturen, bereits nicht mehr optimal ist (96, 163). Eine weniger drastische Strahlungsminderung würde in diesen Klimazonen möglicherweise die Beerenreifung beschleunigen, doch liegen darüber keine Untersuchungen vor.

4.2.3. Der Säuregehalt der Beeren

Die im Traubenmost am Ende der Versuchsperioden 1968 und 1969 vorhandenen großen Säuremengen im schattierten Bestand (Tab. 12) bestätigen die Ergebnisse aus ähnlichen Schattierungsversuchen anderer Autoren (93, 96, 98, 147, 163, 169) und bedeuten, daß in Jahren mit kühler und strahlungsarmer Sommer- und Herbstwitterung säurereiche Traubenmoste zu erwarten sind. Diese Feststellung ist nicht neu; in zahlreichen statistischen Untersuchungen konnten die Zusammenhänge zwischen Witterung und Säuregehalt nachgewiesen werden (27, 53, 105, 106, 118, 178, 186, 187), und im allgemeinen sind die Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit oder der Sommer- und Herbstmonate positiv, Temperatur und Sonnenscheindauer negativ mit dem Säuregehalt der Mosternte korreliert. Aber nicht immer sind die Korrelationen eng oder gesichert, und es gibt "Jahrgänge" oder Rebsorten, die sich nicht einordnen lassen (13, 30, 53, 106, 142, 186).

Anhand des Säureverlaufs während der Beerenentwicklung ist denn auch leicht einzusehen, daß zwischen den Mittelwerten oder der Aufsummierung klimatischer Faktoren über den gesamten Zeitraum zwischen Blüte und Ernte und den Säureendwerten keine enge Korrelation bestehen kann. Denn anders als der Zuckergehalt der Beeren, der während der Reifung zunimmt, steigt der der Säure während der Phasen I - III bis zu einem maximalen Wert an und fällt dann im Reifungsverlauf wieder ab. Sowohl die Intensität (und Andauer) des Säureaufbaus wie die des -abbaus hängen von Umweltbedingungen ab (Abb. 25 und 28): in normal wird rascher und mehr Säure bis zum Reifungsbeginn eingelagert als in Sch, das Säuremaximum liegt früher und der Säureabbau erfolgt schneller. Die grünen, unreifen Beeren enthalten also unter strahlungsarmen Bedingungen weniger Säure pro Beerenfrischgewicht oder im Saft als unter "durchschnittlichen", bei nahezu reifen Beeren ist es umgekehrt: jetzt sind die unter günstigen Bedingungen wachsenden ärmer an Säure als die anderen.

War es beim Beerenzucker oder Mostgewicht so, daß günstige Umweltbedingungen (hohe Temperaturen, strahlungsreiche Witterung) zu jeder Zeit während der Versuchsperiode die "Qualität" des Lesegutes positiv beeinflussen, indem sie einen frühen Reifebeginn

oder/und eine lange Andauer der Reifungsphase ermöglichen, so ist es bei der Säure anders: die ökologischen Faktoren wirken sich zu verschiedenen Wachstumszeiten der Beere verschieden auf den Säuregehalt des Lesegutes aus. Z.B. haben günstige Bedingungen in den ersten Wochen nach der Blüte einen raschen Säureaufbau in den Beeren und ein hohes Säuremaximum zur Folge, und wenn nachfolgend kühle und strahlungsarme Witterung herrscht, werden schließlich wegen langsamen Säureabbaus relativ säurereiche Trauben geerntet werden. Im umgekehrten Fall mit strahlungsarmer, kühler Witterung während der Phasen I - III und sonnig-warmer während Phase IV wird das Säuremaximum niedrig liegen und der Säureabbau rasch erfolgen. Das führt dann zu relativ niedrigen Säureendwerten - vielleicht bei derselben Temperatursumme von der Blüte bis zur Lese wie im ersten Fall mit hoher Säure. Im Hinblick auf die Qualitätsproduktion in unserem Raum ist dieser 2. Fall als der günstigere zu betrachten, denn in der Regel enthalten die Traubenmoste zu viel oder gar "unreife" Säure, die den Weincharakter nachteilig beeinflusst.

Vielleicht bietet sich aufgrund dieses Sachverhalts nun die Möglichkeit, die relativ hohe Säure im Traubenmost zur Zeit der Lese 1969 gegenüber 1968 zu erklären (s. S. 85): höheres Säuremaximum 1969 wegen überwiegend strahlungsreicher Sommerwitterung während der Phasen I - III, anschließend aber ähnliche Witterungsbedingungen in beiden Jahren, 1969 eher kühler als 1968, so daß der Säureabbau etwa gleich rasch erfolgt sein wird, wodurch das hohe Säuremaximum 1969 noch bis zur Lese "nachwirken" konnte.

Unter den klimatischen Verhältnissen in Kalifornien beeinflussen Schattierungsmaßnahmen die Säureanreicherung in den grünen Beeren (Phase I - III) anders als bei uns. KLEWER und SCHULTZ (98) applizierten $^{14}\text{CO}_2$ über die Blätter und fanden im künstlich schattierten Bestand (21% des Sonnenlichts) relativ mehr Radioaktivität in den organischen Säuren wieder als im weniger stark schattierten (30%) oder im normalen Bestand. Starke Reduktion der Einstrahlung fördert dort also den Säureaufbau, während er bei uns dadurch gehemmt wird.

Die Ursache dieser gegensätzlichen Wirkung derselben Maßnahme hier und dort ist gewiß nicht in der Ungleichheit der Rebsorte (White Riesling) oder weinbaulicher Maßnahmen zu suchen, sondern wird in den sehr verschiedenen Witterungsbedingungen während der Versuchszeit an den beiden Orten begründet sein. Die Mittagstemperaturen lagen dort Anfang August zwischen 35 und 40°C bei einer Globalstrahlung von etwa $1,5 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (98, 163), während bei uns zur selben Zeit die maximalen Strahlungswerte etwa $1,2 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ betragen und die Temperatur etwa 10°C niedriger liegt (Strahlungstag). KLIEWER (86) konnte nun zeigen, daß die Säurebildung in der unreifen Beere in einem Temperaturbereich von 20-30°C optimal abläuft, bei höheren und tieferen Temperaturen dagegen weniger intensiv.

Um dieses Verhalten verstehen zu können, soll kurz auf den Bildungsmechanismus der Säure (Äpfel- und Weinsäure) in den Beeren eingegangen werden. Einerseits wandert sie offenbar direkt aus den Blättern in die Beeren ein (13, 141), aber der größte Teil wird doch an Ort und Stelle synthetisiert (64, 69, 148). Zwei Bildungswege laufen dabei parallel: einmal der Aufbau aus Glucose, die ihrerseits zum größten Teil aus dem aus den Blättern zugelieferten Assimilatprodukt Saccharose entstanden ist (49, 68, 69, 111, 148, 149, 150, 171), zum anderen der kürzere Weg der CO_2 -Fixierung an Phosphoenolpyruvat (ebenfalls ein Abbauprodukt der zugelieferten Zucker) (64, 69, 111, 148, 149, 154). Alle (diese) biochemischen Vorgänge sind temperaturabhängig, und so steigt z.B. die Umwandlung der Glucose in Äpfelsäure mit der Temperatur an, während gleichzeitig aber auch die Veratmung, der Abbau der Äpfelsäure, sich verstärkt (92, 109, 111). In einem mittleren Temperaturbereich wird also eine optimale Äpfelsäurebildung in den grünen Beeren zu beobachten sein.

Vergleichen wir nun die Temperaturverhältnisse in Kalifornien mit denen bei uns, so stellen wir fest, daß wir uns dort oberhalb des Optimums für die Säurebildung befinden, während wir im deutschen Weinbaugebiet normalerweise darunter liegen. Eine Schattierung während der Phasen I - III bedeutet also dort (bei beständig heißem Strahlungswetter) durch die Erniedrigung der Bestands- und vor

allem Pflanzentemperatur eine Verschiebung zum Optimum hin, bei uns vom Optimum weg. Daher wird in Kalifornien im schattierten Bestand (21 oder 30% des Sonnenlichts) eine verstärkte Ansäuerung der Beeren und ein höheres Säuremaximum beobachtet als im Normalbestand, bei unseren Versuchen erhielten wir das umgekehrte Ergebnis. Kurz vor dem Weichwerden der Beeren sind die Werte in Kalifornien (White Riesling): 30% Säure im schattierten Bestand, 25% im normalen; in unseren Versuchen war Ende August 1969 der Säuregehalt 31% in Sch und 37% in normal (Abb. 28). Welcher der oben genannten Synthesewege der Säure nun am meisten durch die Strahlungsreduktion (und Temperatursenkung) beeinflusst, ob direkt die Synthese in der Beere oder stärker der Zustrom der Assimilate (aus denen die notwendigen Metaboliten Glucose und Phosphoenolpyruvat gebildet werden) aus den Blättern davon betroffen wird, muß offen bleiben. Es scheint aber so, als sei bei den kalifornischen Schattierungsversuchen die Temperatur der Traubenbeere von größerer Bedeutung als die Assimilationsleistung der Blätter. Wenn auch die Lufttemperatur im Bestand durch die Schattierung tagsüber nur um 1-2°C gesenkt wird, so beträgt doch die Temperaturerniedrigung der Trauben 3-5°C (163). Dies bewirkt gewiss eine verbesserte Äpfelsäurebildung in den Beeren, während weniger damit zu rechnen ist, daß die Assimilationsleistung der Blätter und der Saccharosetransport in die Beeren durch diese drastische Schattierung (30-21% des Sonnenlichts) gefördert werden. Unter unseren Klimabedingungen dagegen wirkt eine Verringerung der Globalstrahlung auf Äpfelsäuresynthese und Assimilationsleistung der Blätter gleichsinnig: beide werden geringer.

Bei Kenntnis dieser Zusammenhänge ist es nun auch möglich, den auffallend unregelmäßigen Anstieg der Säurekurven 1969 bis zum Maximum zu erklären (Abb. 25, unten, Abb. 28 und 29). Während zunächst die Intensität der Säureeinlagerung groß ist, findet vom 32. zum 42. Tag nach Blühende vor allem in Sch ein krasser Abfall statt, d.h. die Wirkung der Schattierung scheint in dieser Zeit besonders stark zu sein. Nachher erfolgt die Säurezunahme in allen 3 Parzellen bis zum Maximum wieder etwa gleich rasch, allerdings ist der Säuregehalt der Beeren im schattierten Bestand bedeutend niedriger als

im anderen. Wenn wir uns an den Witterungsverlauf 1969 erinnern, so fiel die erste Zeit des Säureanstiegs in eine Periode mit weit überdurchschnittlichen Temperatur- und Strahlungsbedingungen (Abb. 4b und 7), die Mitte August (etwa 35. Tag nach Blühende) von naßkalter und strahlungsarmer Witterung abgelöst wurde. Die Mittagstemperaturen (Klimahütte) lagen während der ersten Augustdekade durchschnittlich bei 28°C, um den 40. Tag nach Blühende (17.-20.8.) 6°C tiefer.

Wir hatten also zunächst nahezu optimale Bedingungen, unter denen sich die Schattierung nicht sehr stark auf den Säureaufbau auswirken konnte; sodann herrschten ungünstige Verhältnisse mit Temperaturen gewiß unter dem Optimum, und eine weitere "Verschlechterung" durch künstliche Strahlungsverminderung ließ jetzt die Säurebildung vorübergehend gar zum Erliegen kommen. Solange sich die Temperatur im optimalen Bereich befindet, ist die Säurebildung in den unreifen Beeren von den Strahlungsbedingungen offenbar wenig abhängig. Liegen die Temperaturen zu hoch ("Normalfall" in Kalifornien), dann führt Strahlungsverringerung zu höheren Säurewerten, liegen sie zu niedrig ("Normalfall" in unserem Klimaraum), dann wird eine Verringerung der Einstrahlung zur Einschränkung der Säurebildung führen.

Diese Überlegungen gelten praktisch nur für die Äpfelsäure, denn der Weinsäuregehalt, der zu Beginn des Beerenwachstums relativ hoch ist, nimmt, auf Frischgewicht oder Einzelbeere bezogen, bis zur Reife hin allmählich ab (69, 87, 92, 154) und zeigt nicht den ausgeprägten Gang mit einem Maximum zu Beginn der Reifungsphase. Bildung und metabolische Umwandlungen erfolgen für die beiden Säuren auf verschiedenen Wegen (69, 87, 89, 148, 171), wobei der Stoffwechsel der Weinsäure langsamer abläuft als der der Äpfelsäure und gegenüber exogenen Einflüssen weniger empfindlich ist (13, 87, 95, 98, 140, 142, 147, 186). Die weitgehende Umweltstabilität der Weinsäure kommt auch in der Wirksamkeit der Globalstrahlung zum Ausdruck: Sch-Beeren enthalten, pro Trockensubstanz, nur wenig mehr Weinsäure als die anderen Beeren, und die Abbaugeschwindigkeit ist in allen 3 Parzellen etwa gleich (Abb. 26, unten). Anders die Äpfelsäure: sie wird im Verlaufe der Beerenreifung unter strahlungsarmen Bedingungen viel langsamer abgebaut und ist hier bei Versuchsende noch in relativ großer Menge vorhanden.

Hohe Temperaturen oder/und hohe Strahlungsintensitäten fördern den Abbau der Äpfelsäure (13, 86, 92, 95, 98, 143, 186). Aus Phytotron-Experimenten von KLEWER und LIDER (90, 92, 95) und Beobachtungen an maximal der Sonne exponierten Trauben (94 und eigene Versuche (unveröffentlicht)) geht hervor, daß weniger das Licht, als vielmehr die Temperatur die A b b a u - geschwindigkeit der Äpfelsäure modifiziert. Außerdem ist aus anderen Untersuchungen (93) zu schließen, daß die Blätter für diesen Vorgang nahezu bedeutungslos sind. Vielmehr wird der Abbau (Veratmung) oder Umbau in andere Verbindungen (Glucose) vom Angebot an Substrat, dem Säurereservoir, reguliert, von der Aktivität der Enzyme, die das metabolische Geschehen katalysieren, und von der Temperatur. Auch bei sehr hohen Temperaturen, unter kalifornischen Klimabedingungen, zeigen in Phase IV Strahlungsverringerung und/oder Temperaturerniedrigung (infolge Schattierung) denselben Effekt wie bei uns: der Abbau der Säure in den Beeren wird verlangsamt (86, 93, 96, 98, 163).

Somit ist ein auffälliger Unterschied zwischen der Intensität der Zuckereinlagerung und der Intensität des Säureabbaus während der Reifungsphase festzuhalten. Erstere ist weitgehend unabhängig von exogenen Faktoren (s. o.), die zweite aber durchaus umweltsensibel. Beide Vorgänge verlaufen nach unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten. Dies ist auch an ihrer Andauer zu erkennen: 1968 z.B. kam die Zuckerzunahme relativ früh zu einem Ende, worauf schon wiederholt hingewiesen wurde und was am Verlauf der Trockensubstanz der Beeren und Samen (Abb. 23, oben und Abb. 24, oben) sowie der Glucose + Fructose (Abb. 27, links) und bezüglich der Mostgewichtsbestimmung im Oktober 1968 (s. S. 80) gezeigt werden kann. Trotz praktisch gleichbleibendem Mostgewicht vom 9. zum 24. Oktober im unschattierten Bestand nahm der Gehalt an freier titrierbarer Säure von 17,8 auf 15,5%, der der Gesamtsäure von 22,5 auf 19,1% ab. Auch aus dem Verlauf der freien titrierbaren Säure und dem der Glucose + Fructose pro 100 g Beerenfrischgewicht desselben Jahres (Abb. 25, oben und Abb. 27, links) ist erkennbar, daß die Säure bis zum Versuchsende im Oktober noch ständig abnimmt, während der Anstieg der Zuckerkurven bereits fast aufgehört hat. Dieselbe Beobachtung ist 1969 zu machen, wenn

man Säure- und Zuckergehalt pro Beere (Abb. 30) miteinander vergleicht: hier ist das Ende der Zuckereinlagerung und die gleichzeitig noch starke Abnahme der Säure Mitte Oktober besonders gut unter strahlungsarmen Bedingungen (Sch) zu erkennen.

Möglicherweise steht das Ende der Zuckerakkumulation in den Beeren in Zusammenhang mit dem Vegetationsabschluß der Pflanze und der nachlassenden Funktionsfähigkeit der Blätter, während der Abbau der Säure davon unabhängig noch weitergeht, solange dies z.B. die Temperaturbedingungen im Herbst erlauben. Durch Wasserverlust der Beeren, allmähliches Eintrocknen, Botrytisbefall usw. geht natürlich noch eine weitere Zuckerkonzentration einher, aber diese Prozesse stehen außerhalb des Reifungsvorgangs der gesunden Traubenbeeren.

Beachtenswert ist, daß der Vorgang der Säurezunahme unter ungünstigen Strahlungsbedingungen länger andauert (Abb. 25, 28, 29 und 30, oben). Das spricht für ein verlangsamtes Wachstum und erinnert an den verzögerten Beginn der Zuckereinlagerung. Zwischen beiden Vorgängen, dem Beginn der Zuckereinlagerung und dem Beginn des Säureabbaus, besteht zweifellos ein zeitlicher Zusammenhang, denn aus allen Reifungskurven oder entsprechenden Darstellungen (50, 72, 77) ist zu erkennen, daß mit beginnender Zuckereinlagerung alsbald ein Rückgang des Säuregehaltes in den Beeren einsetzt. Ungünstige Umweltverhältnisse (Sch) verzögern gleichermaßen beide. Selbst bei den oben erwähnten Schattierungsversuchen von KLEWER und SCHULTZ (98) in Kalifornien bewirkte Strahlungsverminderung offenbar eine längere Dauer der Phasen I - III, während zugleich die Säureeinlagerung gefordert wurde. Denn aus den wenigen Säure- und Mostgewichtsbestimmungen geht hervor, daß die Zuckereinlagerung (Phase IV) im Normalbestand früher beginnt als im schattierten, was erfahrungsgemäß bedeutet, daß dementsprechend die Lage des Säuremaximums zeitlich verschoben sein wird. Unter kalifornischen Klimabedingungen wirkt sich also verringerte Einstrahlung zwar positiv auf den Säureaufbau in den Beeren aus, aber, wie bei uns, hemmend auf den wachstumsvorgang. Das Temperaturoptimum für das (wuchsstoffregulierte) Beerenwachstum liegt offensichtlich höher als das für den (biochemisch-enzyma-

tischen Vorgang) Säureaufbau. Einen diesbezüglich interessanten Befund liefert die schon mehrfach erwähnte Auxinapplikation in Beeren während der lag-Phase von HALE (65): so lange die künstlich verlängerte Phase andauerte, wurde in die Beeren immerfort Säure eingelagert, so daß sie ein höheres Säuremaximum als die unbehandelten Kontrollbeeren erreichten und der Beginn des Säureabbaus entsprechend des späteren Beginns der Zuckereinlagerung hinausgeschoben wurde. Unabhängig von der Höhe des Maximums, von der Säurekonzentration in der Beere, kann der Abbau der Säure offenbar erst dann erfolgen, wenn die lag-Phase beendet und die Zuckerakkumulation in Gang gekommen ist. Damit würde also auch der Beginn des Säureabbaus keine Folge biochemischer Prozesse sein, sondern letztlich ebenso wie der Beginn der Zuckereinlagerung vermutlich durch Phytohormone (Auxine, Gibberelline, Kinetine) geregelt werden.

4.3. Knospenfruchtbarkeit und Ertrag

Die Feststellung der Beerenzahl pro Traube und der Zahl der Trauben pro Stock im Sommer 1969 sowie vor allem die detaillierten Untersuchungen der Infloreszenzen (Gescheine) im Frühsommer 1970 an den ausgetriebenen Knospen haben die starke Auswirkung der Globalstrahlung und den teilweise gesicherten Effekt des Windes während jeweils der vorjährigen Versuchsperiode auf die Knospenfruchtbarkeit als einer der wichtigsten Ertragskomponenten bei Reben aufgezeigt. Denn man kann davon ausgehen (s. S. 30), daß die Gescheins- und Blütenzahl, die an der ausgetriebenen Knospe (Trieb) kurz vor der Blüte ermittelt wird, in guter Näherung mit der Knospenfruchtbarkeit übereinstimmt, wie sie nach Abschluß der vorjährigen Vegetationsperiode bzw. beim Eintritt der Knospen in die Winterruhe vorhanden ist (3, 11, 29).

Für die Zahl und Größe der sich in der Knospe bildenden Infloreszenzen sind Strahlungs- bzw. Lichtverhältnisse und Temperatur während der Zeit der Induktion und Determination wohl von gleicher Wichtigkeit (7, 8, 24, 39, 121, 122, 183). Und wenn auch eine direkte Beeinflussung der in der Knospe ablaufenden Stoffwechselvorgänge durch Umwelteinflüsse möglich sein mag (121), so steht doch die vorrangige Bedeutung der Photosyntheseleistung der Blätter

und damit des Assimilatestroms in die Knospe allgemein außer Zweifel (8, 24, 39, 78, 122, 124, 183). Neben Kohlenhydraten spielen Phytohormone eine wichtige Rolle, denn sie sind nachweislich von entscheidendem Einfluß auf Induktion und Wachstum der Infloreszenzen und werden vermutlich im Blatt gebildet, von wo sie mit dem Assimilatestrom in die Knospen gelangen (11, 39, 78).

In unserem Versuch haben verringerte Einstrahlung und verringerter Luftaustausch gleichzeitig die Umweltbedingungen für Blatt wie Knospe verändert. Die beobachtete positive Auswirkung des verringerten Austausches mag im übrigen als Indiz dafür gelten, daß durch diese Maßnahme (W) doch eine Änderung der Temperaturverhältnisse im Bestand erzielt wurde, auch wenn sie meßtechnisch nicht erfaßt wurde und im Wachstums- und Reifungsverlauf der Traubenbeeren nicht zu erkennen war. Vielleicht liegt es an der Verschiedenheit der Methoden, vielleicht ist es aber auch reell, daß ein positiver Effekt zwar in der Knospenfruchtbarkeit, nicht aber in der Beerenentwicklung feststellbar ist. Man sollte in diesem Zusammenhang auch an die "Nährstoffkonkurrenz" (s. u.) zwischen der wachsenden Traube und den sich gleichzeitig entwickelnden Knospen denken. Zudem können wir, wie bereits erwähnt (s. S. 93), annehmen, daß die Pflanze, Blätter, Triebe und Knospen im Kronenraum wegen herabgesetzter Windbewegung im Falle positiver Strahlungsbilanz höher temperiert waren als die Pflanze im Normalbestand (im Gegensatz zur Luft 120 cm üb. Gr.). Und hohe Mittagstemperaturen beeinflussen die Knospenfruchtbarkeit nach BUTTROSE (40) offensichtlich in positiver Weise - sei es über die Photosynthese der Blätter, sei es über Stoffwechselvorgänge in der Knospe selbst.

Zu einer vergleichenden Betrachtung bieten sich Schattierungsexperimente an Freilandreben in Australien von MAY und ANTCLIFF (122) an. Sie erzielten mit einem in der strahlungsmindernden Eigenschaft dem unsrigen nahezu gleichen Schattierungsgewebe viel größere Wirkung als wir. Allerdings muß einschränkend sofort gesagt werden, daß ein Vergleich nur für die Anzahl fruchtbarer Knospen (mindestens 1 Infloreszenz pro Knospe bzw. Trieb) möglich ist, weil Angaben über Größe oder Anzahl der Infloreszenzen pro

Knospe fehlen. Der Prozentsatz der fruchtbaren Knospen verringerte sich durch eine 14-wöchige Andauer extrem strahlungsarmer Bedingungen (2Sch) vor, während und nach der Reblüte von 60 auf 20%. Neben der starken Abnahme der Fruchtbarkeit fällt der niedrige Anteil fruchtbarer Knospen an den "normalen" Reben auf. Dieser Tatbestand ist auf die Eigenart der Sorte (Sultana, Syn. Thompson Seedless) zurückzuführen; denn die allgemeine Erscheinung einer relativ geringen Fruchtbarkeit der basalen Knospen im Vergleich zu den Knospen mittlerer Insertionshöhe ist bei ihr besonders stark ausgeprägt (120) - die basalen Knospen besitzen praktisch keine Infloreszenzen - und drückt so den Prozentsatz fruchtbarer Knospen, hier das Mittel aus der 1.-14. Knospe, auf 60%. Unsere Rebsorte besitzt demgegenüber im Mittel über die 1.-18. Knospe rund 90% fruchtbarer Knospen (Tab. 5). Auch der starke Rückgang auf 20% mag z.T. ein Effekt dieser geringen Fruchtbarkeit der basalen Knospen sein oder ganz allgemein an der Sorte liegen, denn erwiesenermaßen (41, 75, 76) sind die Rebsorten ungleich umweltsensibel auch bezüglich der Ausbildung von Infloreszenzen. Mit Sicherheit hat aber auch die strahlungsreiche Witterung dort zu einer großen Effizienz der Schattierungsmaßnahme beigetragen. Wir reduzierten im Sommer und Herbst 1969 die Globalstrahlung während etwa 14 Wochen nach der Blüte effektiv um ca. 60% (Tab. 1) und verursachten damit einen Rückgang des Anteils der fruchtbaren Knospen von 91 auf 79% (Tab 5); in Australien können wir jedoch eine Strahlungsreduktion um ca. 75% ansetzen (122).

Der Beweis dafür, daß die Wirksamkeit der Schattierungsmaßnahme von der Intensität der Einstrahlung abhängt, ist nicht nur aus der Wärmehaushaltsgleichung (s. S. 3) herzuleiten oder mit den bestandsmeteorologischen Messungen (Tab 2) erbracht worden - auch die Jahrgangsunterschiede der Traubengröße 1969/1970 stellen eine experimentelle Bestätigung dieser Tatsache dar.

Die Beerenzahl der Trauben aus dem (1969) schattierten Bestand ist 1970 gesichert kleiner als die der "Normaltrauben" (Tab. 10), dagegen sind im Jahr zuvor die Unterschiede zwischen beiden Varianten viel weniger ausgeprägt. Dieser Jahrgangsunterschied muß auf die unterschiedliche Sommerwitterung zurückzuführen sein: 1968 mit relativ strahlungsarmer Witterung war die künstliche

Reduktion der Einstrahlung nicht so stark wie 1969 mit häufig auftretendem Strahlungswetter (Tab. 1 und Abb. 6 und 7), und demzufolge mußte die Wirkung der Einstrahlung auf die Ausbildung der Infloreszenzen 1969 deutlicher hervortreten als 1968. Diese Behauptung kann durchaus mit der im Folgejahr festgestellten Beerenzahl pro Traube belegt werden, denn der zwischen Infloreszenzdetermination und Traubengrößenbestimmung liegende, für die Ertragsbildung sehr wesentliche Vorgang der Blüte, des Beerenansatzens bzw. Verrieselns, verfälschte die Proportionen nicht wesentlich. Möglicherweise wirkt er sogar in der Art, daß er vorhandene Größenunterschiede zwischen den Infloreszenzen etwas ausgleicht, weil kleinere Infloreszenzen (relativ wenige Blüten pro Infloreszenz) in der Regel einen besseren Beerenansatz aufweisen als große (44, 50, 176); das würde bedeuten, daß die Jahrgangsunterschiede evtl. noch größer waren als beobachtet. Aber der ermittelte Verrieselungsgrad 1970 war tatsächlich für alle Varianten, unabhängig von der mittleren Infloreszenzgröße (Gescheinsgröße), gleich (Tab. 10). - In der Beerenzahl pro Stock (Tab. 11) tritt der Einfluß der Strahlung auf die Knospenfruchtbarkeit noch besser hervor; denn zu den Unterschieden in der Beerenzahl pro Traube treten jetzt noch diejenigen in der Traubenzahl pro Trieb ($\hat{=}$ Infloreszenzzahl pro Knospe) hinzu. Bei jeweils vergleichbarer Anzahl Knospen (Triebe) pro Stock führte 1968 die reduzierte Einstrahlung zu einem Rückgang der Beerenzahl pro Stock im Folgejahr 1969 um 39%, während die stärkere Reduktion der Einstrahlung im Jahr 1969 sich im Folgejahr 1970 in einem Rückgang von 52% niederschlägt.

Was eben anklang, soll nochmals als sehr wesentliches Ergebnis herausgestellt werden: sowohl die Infloreszenzzahl pro Knospe wie die Blütenzahl pro Infloreszenz werden durch die Strahlungsverhältnisse, allgemein die Witterungsbedingungen während der Zeit der Infloreszenzinduktion und -determination, gleichermaßen modifiziert. Beide Größen wurden nach den Feststellungen von 1970 (Tab. 7) durch die Strahlungsverminderung während der vorjährigen Periode um rund 1 Viertel kleiner. Demgegenüber führte die Verminderung des Austausches zwar zu einer leicht gesteigerten Infloreszenzzahl pro Knospe, überraschenderweise aber nicht zu einer Erhöhung der Blütenzahl pro Infloreszenz, auch nicht an der 1. Infloreszenz der Knospe (Tab. 8).

Nach allgemeiner Ansicht ist die Witterung während eines relativ kurzen Zeitraums um die Reblüte und danach von ausschlaggebender Bedeutung für die Intensität der Infloreszenzbildung in den Knospen. Unsere Versuche begannen, nachdem die Reblüte vollständig vorüber, die Determination der Infloreszenzen in den Knospen der Triebe also bereits im Gange und bei den ältesten (basalen) Knospen wohl schon weit fortgeschritten war. Die Ergebnisse aus dem schattierten Bestand deuten sogar darauf hin, daß zu Beginn des Versuchs die Entwicklung in diesen Knospen (etwa 1.-3. Insertionshöhe) schon nahezu abgeschlossen war und die jetzt einsetzende Periode der extrem niedrigen Einstrahlung ihre Fruchtbarkeit kaum mehr zu beeinflussen vermochte: die mittlere Blütenzahl pro Trieb (Abb. 16) und die Infloreszenz- oder Gescheinszahl pro Trieb (Abb. 12) erscheint an den 2-3 ältesten Knospen ($\hat{=}$ Trieb-Nr. 1-3 an der Tragrute) gegenüber der Kontrolle (normal) nicht signifikant verkleinert. Mit der Insertionshöhe nimmt dann der hemmende Einfluß der Schattierung zu, d.h. die zeitlich später angelegten Knospen entwickelten sich in zunehmendem Maße oder praktisch dauernd unter diesen ungünstigen Strahlungsbedingungen.

Die maximale Fruchtbarkeit ist im Bereich oberhalb der 10. Knospe erreicht und fällt dann auffallenderweise als Folge ungünstiger Umweltverhältnisse wieder ab (Sch), unter "normalen" bleibt sie dagegen bis zur 18. Knospe erhalten (Abb. 13 und 16). Dieser Unterschied resultiert nicht aus einer verschiedenen Infloreszenzgröße, sondern aus der Anzahl der Infloreszenzen pro Knospe (Abb. 12), die in Sch oberhalb der 16. Knospe wieder abnimmt, während die Größe der Infloreszenz (Abb. 14) bei allen 3 Varianten mit der Insertionshöhe mehr oder weniger stetig bis zur 18. Knospe zunimmt. Dieser Sachverhalt läßt sich wohl damit erklären, daß die oberen Knospen der schattierten Triebe physiologisch jünger sind als die Knospen derselben Insertionshöhe an "normalen" Trieben. Die Determination der Infloreszenzen ist bei diesen ($\hat{=}$ 16 Knospen) noch nicht so weit fortgeschritten, vielmehr scheint hier bereits der Übergang zu den unfruchtbaren Knospen im Bereich der Triebspitze angedeutet. Zwar haben wir keine Messung des Trieb-längenwachstums vorgenommen, aber die Augenbeobachtungen lassen vermuten, daß im schattierten Bestand das Triebwachstum etwas gehemmt und weniger Blätter, somit weniger Nodien und Knospen pro Trieb gebildet wurden. Und da die etwa 10 obersten Knospen

unterhalb der Triebspitze unfruchtbar bleiben (78), wird das im allgemeinen bei einer "mittleren" Insertionshöhe liegende Maximum der Knospenfruchtbarkeit im schattierten Bestand, bei etwas kürzeren Trieben, zu absolut niedriger (früher) inserierten Knospen hin verschoben werden.

Der schon vielfach herausgestellte außergewöhnliche Witterungsablauf des Sommers 1969, als Mitte August ein Wechsel von sonnig-warmer zu naß-kalter Witterung erfolgte, war gewiß nicht ohne Folgen auf die in den Knospen ablaufenden Entwicklungsvorgänge, sondern wird dieselben, zumindest vorübergehend, verlangsamt haben. Insbesondere wird das Wachstum der Knospen der mittleren und oberen Insertionshöhe, deren Infloreszenzanlagen zu dieser Zeit mit großer Wahrscheinlichkeit noch nicht vollständig determiniert waren, unter dem Einfluß der nun folgenden kühlen Witterungsperiode stehen. In der Blütenzahl (Abb. 17) scheint dieser markante Witterungsumschwung erkennbar zu sein. Allgemein nimmt nämlich die Blütenzahl des 1. Gescheins jeder Knospe (Trieb) entlang der Tragrute mit der Insertionshöhe zu, aber zwischen 11. und 14. Knospe (Sch) bzw. 13. und 16. (W, normal) stellt sich deutlich, besonders im windgeschützten Bestand, ein relatives Minimum ein, das zeitlich recht gut mit jener kühlen Witterungsperiode ab Monatsmitte August in Einklang zu bringen ist. Daß es zudem im schattierten Bestand bei niedrigerer Insertionshöhe (Trieb-Nr.) liegt, harmonisiert mit obiger Feststellung oder bestätigt diese, wonach Triebwachstum, Blatt- und Knospenentwicklung durch die fortwährend ungünstigen Strahlungsbedingungen gehemmt sind, langsamer ablaufen und dadurch die Knospen in der Entwicklung hinter denjenigen derselben Insertionshöhe an den "normalen" Trieben zurückliegen.

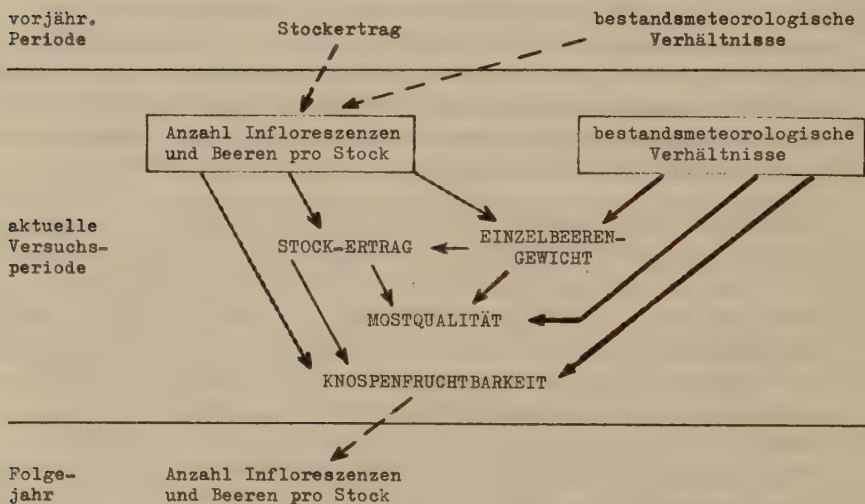
Eine Modifikation der Knospenfruchtbarkeit ist außer durch exogene Faktoren z.B. durch die innere Komponente des Ertrags möglich, sogar auch dann (noch), wenn dieser erst Mitte August variiert wird, indem man den Traubenbehang, wie in unserem Versuch 1969 (red.), um etwa 1 Drittel reduziert. Das beweist, daß zu dieser Zeit, wenigstens im mittleren und oberen Triebbereich, die Infloreszenzzahl in den Knospen noch nicht festgelegt ist. Denn sie

war durch diese Maßnahme gesichert zu erhöhen (Tab. 7 und Abb. 12). Man wird sich diesen Effekt einer erhöhten Knospenfruchtbarkeit mit einer Art Nährstoffkonkurrenz zwischen dem "major sink" Traube und dem "minor sink" Knospe (66) zu erklären haben (78). Er stellt eine schon vielfach nachgewiesene Erscheinung dar (7, 78, 122), die je nach Rebsorte und absoluter Höhe des Traubenbehangs verschieden stark auftritt. Auch die zuweilen zu beobachtende Alternanz der Erträge ist hierauf zurückzuführen (8, 75, 78): einem Jahr mit Überertrag folgt nicht selten ein solches mit unterdurchschnittlichen Erträgen nach. In den australischen Schattierungsversuchen (122) wurde eine derartige Alternanz gewissermaßen künstlich erzeugt: im 1. Jahr nach den Experimenten war, wie erwähnt, der Ertrag der schattierten Reben relativ niedrig. Das hatte nun die Ausbildung relativ vieler fruchtbarer Knospen während des Sommers zur Folge, so daß im 2. Jahr die (ehemals schattierten) Reben einen relativ hohen Ertrag erbrachten.

Dieser kurz aufgezeigte Einfluß des Traubenbehangs auf die Ertragsbildung im folgenden Jahr über die Modifizierbarkeit der Infloreszenzbildung in den Knospen ist eine von mehreren unerwünschten Wirkungsweisen, die sich unvermeidbar im Verlaufe des 2-3jährigen Versuches einstellten und die im 2. Versuchsjahr eine Kausalanalyse der Ergebnisse hinsichtlich der künstlich veränderten meteorologischen Standortbedingungen sehr erschwerten. Wenn im 1. Versuchsjahr (1868) allein die meteorologischen Faktoren Strahlung und Austausch als unabhängige Variable auftraten und alle an den Reben festgestellten Abweichungen vom Normalbestand als Auswirkung dieser Variation der Umweltbedingungen gedeutet werden konnten, so lagen die Verhältnisse während der 2. Versuchsperiode (1969) wesentlich komplizierter. Zwar lief die Blüte wiederum an der gesamten Versuchsparzelle unter natürlichen Bedingungen ab, nämlich vor Versuchsbeginn, und wurden die Reben alle auf dieselbe Augenzahl (Anzahl Knospen pro Stock) angeschnitten - doch bestanden jetzt endogene Unterschiede zwischen den Reben der 3 Teilparzellen: als Folge der vorjährigen bestandsmeteorologischen Differenzierung differierte die Beerenzahl pro Trieb bzw. Stock. Und die Konsequenzen dieser ungleichen Anfangsbedingungen waren weitreichend und berührten alle Wachstums- und Reifungsvorgänge an der Rebe. Die Wirkungen der variierten exogenen, ökologischen Elemente Strahlung und Austausch wurden jetzt von denen des endogenen Faktors

Behang (Stockbelastung) überlagert und waren dadurch nicht mehr klar zu erkennen oder von jenen zu trennen.

Um die Komplexität des Zusammen- und Gegeneinanderwirkens einiger wichtiger ertrags- und qualitätsbildender Faktoren anschaulich zu zeigen, sind Wirkungsweise und -richtung dieser Komponenten in einem Schema dargestellt:



Diese Darstellung erhebt allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit, denn es sind aus Gründen der Übersichtlichkeit und unserer speziellen Versuchsanstellung entsprechend eine ganze Reihe ebenfalls mitentscheidender Faktoren vernachlässigt worden, bzw. sie sind in jeder Versuchsperiode jeweils in allen 3 Versuchspartzen als gleich zu betrachten und so ohne differenzierende Wirkung. Da ist neben der Anzahl Knospen (Triebe) pro Stock als weiterer wichtiger ertragsbildender Faktor z.B. der Beerenan-satz (Blühverlauf, Verrieselungsgrad) zu nennen, der, wie gesagt,

jeweils bereits vor Versuchsbeginn festgelegt ist und deshalb nicht als zusätzliche endogene Variante mitberücksichtigt zu werden braucht. Dasselbe gilt für den Standort, die Erziehung, die Rebsorte, den Standort (Bodenfruchtbarkeit, Wasserversorgung, Düngung usw.) und andere ökologische Faktoren - alle können in jedem der 2 bzw. 3 Versuchsjahre als gleich in allen 3 Parzellen angenommen werden, so daß also in der Tat nur die bestandsmeteorologischen Verhältnisse als primäre Variante und die Knospenfruchtbarkeit bzw. Infloreszenz- und Beerenzahl pro Stock als (unerwünschte) zweite von Bedeutung sind.

Im 1. Versuchsjahr (1968) treten also, wie beabsichtigt, nur die bestandsmeteorologischen Verhältnisse als Variable auf, denn "Nachwirkungen" aus dem Vorjahr betreffen gleichermaßen alle 3 Parzellen. Einzelbeerengewicht, Mostqualität und Knospenfruchtbarkeit werden allein als Folge der meteorologischen Variationen modifiziert, wobei auch die indirekten Wirkungen über die Beerengröße und den Stockertrag auf die Mostqualität und die Knospenfruchtbarkeit zu beachten sind. Im 2. Versuchsjahr (1969) stellen sich nun die ungleichen "Start"bedingungen in den 3 Parzellen deutlich dar: je nach den meteorologischen Verhältnissen während der vorjährigen Periode (normal, W oder Sch) ist jetzt die Beerenzahl pro Stock verschieden, und dadurch wird diese endogene Einflußgröße verschieden stark sowohl direkt auf Stockertrag, Beerenwachstum (Einzelbeerengewicht) und Knospenfruchtbarkeit, wie indirekt auf die Mostqualität wirken. Eine Trennung in exogene und endogene Wirkungsanteile ist quantitativ zunächst nicht möglich, und auch unser Experiment des Traubenausdünnens im Sommer 1969 (red.) konnte eigentlich nur qualitativ befriedigende Ergebnisse und Hinweise auf die Wirkungsrichtung der endogenen Größe bringen. Die Beobachtungen des 3. Versuchsjahres (1970), in dem nicht mehr das Bestandsklima (keine Schattierung, kein Windschutz), sondern nur die Infloreszenz- und Beerenzahl pro Stock als Variable auftrat, erhellten zwar ebenfalls die Interaktionen ertrags- und qualitätsbildender Faktoren, doch war auch mittels dieser Befunde lediglich eine Abschätzung der Einflußnahme des endogenen Faktors Stockbehang möglich und eine "Bereinigung" der Versuchsergebnisse des Vorjahres damit nur bedingt vorzunehmen. Eine ideale Versuchs-

durchführung wäre z.B. mit "austauschbaren" Neben möglich gewesen, die in jedem Jahr eine einheitliche Population dargestellt hätten und an der dann in mehrjähriger Wiederholung der Einfluß des künstlich veränderten Bestandsklimas auf das Wachstum der Beeren und die Knospenfruchtbarkeit hätte studiert werden können, ohne daß vorjährige Manipulationen die Ergebnisse mitbeeinflußt und deren Interpretation erschwert hätten.

Bezeichnenderweise zieht die aktuelle Wirkung der Variation eines endogenen oder exogenen Faktors immer die entgegengesetzte im Folgejahr nach sich, d.h.: was jetzt in positivem Sinne auf Qualität und Quantität des Ertrages wirkt, wirkt im nächsten Jahr negativ nach und umgekehrt. Dies gilt für alle ertrags- und qualitätsbildenden Faktoren und alle endogenen und exogenen Einflüsse, die von uns erfaßt wurden, wenn auch die Amplitude dieses Vorganges von der Stärke des gegebenen bzw. empfangenen "Impulses" abhängt und von der Fähigkeit und Eigenart der Pflanze, zu reagieren oder zu kompensieren. Deshalb spiegeln die im 2. Versuchsjahr gefundenen Ergebnisse den aktuellen Einfluß der (künstlich veränderten) bestandsmeteorologischen Verhältnisse ausnahmslos immer abgeschwächt wider, denn die unterschiedlichen e n d o - g e n e n Einflüsse, die ihre Ursache letztlich in der vorjährigen Versuchsperiode haben, sind den aktuellen e x o g e n e n entgegengerichtet. Als Beispiel sei die verminderte Einstrahlung (Sch) herausgegriffen, die u.a. geringe Mostqualität und die Ausbildung wenig fruchtbarer Knospen verursacht; im folgenden Jahr sind daher relativ geringe Stockerträge zu erwarten, die ihrerseits nun das Mostgewicht fördern (Menge-Güte-Relation) und die Knospenfruchtbarkeit positiv beeinflussen. Umgekehrt wird sich die primär positive Wirkung des verringerten Luftaustausches (W) auf die Knospenfruchtbarkeit in einer durch relativ hohe Erträge im Folgejahr verursachten negativen Beeinflussung der sich jetzt bildenden Infloreszenzen äußern. Diese allgemeine Alternanz von Menge und Güte des Ertrages ist wohl ein zwangsläufiges Wirkungs- oder Reaktionsprinzip, das vielleicht letztlich mit den Schlagworten Nährstoffverteilung und Nährstoffkonkurrenz in der Pflanze beschreibbar ist oder das aus einer möglichst vorteilhaften Nutzung der angebotenen, lebensnotwendigen Energie (Strahlung, Temperatur, Nährstoffe) resultiert und sich darin äußert, daß die Pflanze

endogenen und exogenen Zwängen auszuweichen und deren Folge zu kompensieren sucht. In unserem 2jährigen Versuch hat sich dieser Umstand leider störend ausgewirkt und die Interpretation der Ergebnisse bezüglich der bestandsmeteorologischen Umwelteinflüsse z.T. sehr erschwert.

Trotzdem - und darauf soll abschließend nochmals hingewiesen werden - haben die Ergebnisse aus unseren simulierten, übertriebenen Standortverhältnissen deutlich die Tendenz aufgezeigt, mit der sich z.B. verminderte Strahlungs- und Lichtverhältnisse in der Praxis auswirken können. Mit diesen Tendenzen oder Abweichungen muß in Jahren mit relativ geringer Strahlungsintensität ebenso gerechnet werden wie in den durch die Topographie sich ergebenden verschiedenen Lagen. Unter diesem Gesichtspunkt wäre es nützlich, jetzt in der praxisüblichen Anbauform die Ertrags- und Qualitätsverhältnisse zu überprüfen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe künstlicher Schattierung und künstlichen Windschutzes während der Zeit zwischen Rebblüte und Traubenernte wurden in einem 2jährigen Freilandversuch veränderte Bestandsklimata erzeugt. Der Einfluß dieser Maßnahmen auf die meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand wurde gemessen und die Auswirkung auf Wachstum und Reife der Traubenbeeren sowie die Anlage der Infloreszenzen (Gescheine) in den Winterknospen untersucht.

Die S c h a t t i e r u n g reduzierte die Einstrahlung erheblich; mittägliche Maxima der Globalstrahlung wurden von $1,4 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ auf 0,5 gesenkt, die an einem sommerlichen Strahlungstag empfangene von $410 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2}$ auf 160. An trüben Tagen bleibt der Effekt der Schattierung gering. Während einer Versuchsperiode (etwa 100 Tage) beträgt die Summe der Globalstrahlung etwa $29 \text{ kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$, der schattierte Bestand erhält nur 12-14. Die Lufttemperatur im Bestand (120 cm üb. Grund) wurde selbst an Tagen mit hoher Strahlungsbilanz nur wenig abgesenkt; extreme Abweichungen vom Normalbestand in den Tagesmaxima betrugen 4°C bei nahezu Windstille. Die Mittelwerte lagen an Strahlungstagen tagsüber (6-18 h) durchschnittlich 1°C tiefer, nachts $0,5^{\circ}\text{C}$ höher als im Normalbestand. Luft- und Bodenfeuchtigkeit waren der geringen Einstrahlung entsprechend erhöht.

Der W i n d s c h u t z erwies sich als wenig wirkungsvoll. Obwohl die Windgeschwindigkeit im Kronenraum der Reben (160 cm üb. Grund) auf die Hälfte reduziert war, blieben die anderen meteorologischen Elemente praktisch unverändert.

Strahlungsarme Witterung, wie sie mit der vielwöchigen Schattierung in extremer Weise simuliert wurde, hemmt das W a c h s t u m der Traubenbeeren und der in ihnen enthaltenen Samen. Die Beeren bleiben relativ klein und die Dauer der ersten Wachstumsphasen wird verlängert. Im Experiment wurde allein durch das verringerte Einzelbeerengewicht der Stockertrag um 30% reduziert. Außerdem bleibt erwartungsgemäß der Z u c k e r gehalt der Beeren niedrig. Es konnte gezeigt werden, daß dies die Folge eines späteren Reifebeginns - als der der bei Traubenbeeren markante Beginn der intensiven Zuckereinlagerung (Weichwerden der Beeren) bezeichnet

wird - nicht aber die einer veränderten Zuckereinlagerungsgeschwindigkeit ist. Die schwache Leistung der Reben unter strahlungsarmen Bedingungen kommt im Beerenzuckergehalt am Ende der 2. Versuchsperiode besonders deutlich zum Ausdruck: 59 g pro Stock gegenüber 209 g der "normalen" Rebe - bei gleicher Triebzahl pro Stock. Der Stoffwechsel der S ä u r e verläuft unter ungünstigen Umweltverhältnissen allgemein verlangsamt. Unter unseren klimatischen Bedingungen bedeutet das, daß die unreifen, grünen Beeren relativ wenig Säure aufbauen. Das sog. Säuremaximum, das zum Reifebeginn erreicht ist, ist erniedrigt, obwohl es durch den verzögerten Reifebeginn zeitlich später liegt und dadurch in die Beeren länger Säure eingelagert werden kann. Der gleichzeitig mit der Zuckerakkumulation in der Beere stattfindende Abbau der Säure verläuft bei tiefen Temperaturen langsamer und wird hauptsächlich durch das Verhalten der Äpfelsäure bestimmt, während sich die Weinsäure indifferent verhält. Der Abbau der freien Säure in den (gesunden) Beeren hält auch noch an, wenn die Zuckereinlagerung bereits beendet ist. Zur Zeit der Lese enthalten die im schattierten Bestand gewachsenen Trauben noch relativ viel Säure.

Ein Einfluß des Luftaustausches (Wind) auf das Wachstum der Beeren oder den Säure- und Zuckergehalt war nicht nachweisbar.

Innerhalb unserer Versuchsrebsorte besteht vor Beginn der Reife eine sehr enge positive Korrelation zwischen der Masse (Gewicht) an S a m e n pro Beere und dem Beerengewicht, was für einen kausalen Zusammenhang zwischen Samenentwicklung (Wuchsstoffproduktion) und Beerenwachstum spricht. Für reife Beeren ist die Korrelation nur lose. Demnach scheint das Wachstum der Beeren während der Reifephase vom Samengehalt (und Wuchsstoffen) unabhängig zu erfolgen und in erster Linie auf die einwandernden Zucker und wasser zurückzuführen zu sein. Eine enge Korrelation besteht andererseits zwischen der Samenzahl oder -masse pro Beere und dem Reifebeginn: Beeren mit relativ wenig Samen reifen früher als andere, jedoch ist die Intensität der Zuckereinlagerung immer gleich, offenbar sortentypisch.

Die Anlage der *I n f l o r e s z e n z e n* in den Winterknospen der Rebe, die in den Monaten Juni bis September erfolgt, wird durch strahlungsarme Witterung gehemmt, durch reduzierten Luftaustausch leicht gefördert. Und zwar wird im ersten Fall die Anzahl der Infloreszenzen pro Knospe um denselben Anteil verringert wie die Anzahl der Blüten pro Infloreszenz, während im zweiten nur die Anzahl der Infloreszenzen gesichert erhöht wurde. Die Auswirkung extremer Bedingungen auf die Ertragsbildung der Reben im folgenden Jahr, wie sie im Schattierungsexperiment vorliegen, läßt sich mit der festgestellten Anzahl Beeren pro Stock gut beschreiben: sie war im Jahr nach dem Experiment - bei gleicher Triebzahl pro Stock - auf etwa die Hälfte zurückgegangen. Ausgehend von der Modifikabilität der Knospenfruchtbarkeit nicht nur durch ökologische Faktoren, sondern auch durch die endogene Komponente Traubenbehang oder -ertrag, wird abschließend die Komplexität der Wirkungsweisen endogener und exogener ertrags- und qualitätsbildender Faktoren diskutiert, wie sie sich im Verlaufe der 2-3jährigen Versuchsdurchführung darstellte.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Ağaoğlu, Y.S.: Eine vergleichende Untersuchung über den Aus-
trieb der Knospen und das Floralstadium bei den Kel-
tertraubensorten Hasandede, Kalecik karasi, Papaz ka-
rasi, Öküzgözü und Furmint und Ermittlung der ent-
sprechenden neuen Schnittmethoden für diese Sorten
(türk. m. dt., engl. u. franz. Zsfg.) - Diss. Landw.
Fak. Univ. Ankara (1969)
- 2 Alechin, K.K.: Die Bedeutung des direkten Sonnenlichts für
die Zuckeranhäufung in den Beeren (russ.) - Winid. i
Winograd. 3, 35-37 (1965) - ref: Vitis 6(1), 101 (1967)
- 3 Alleweldt, G.: Eine Frühdiagnose zur Bestimmung der Fruchtbar-
keit der Reben - Vitis 1(4), 230-236 (1958)
- 4 Alleweldt, G.: Untersuchungen über die Gescheinszahl der
Reben - Wein-Wiss. 14, 61-69 (1959)
- 5 Alleweldt, G.: Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachs-
tums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von
Reben (Vitis-Species). I. Die photoperiodischen
Wachstumsreaktionen - Vitis 4(1), 11-41 (1963)
- 6 Alleweldt, G.: Die Bedeutung der Tageslänge für Rebenzüch-
tung und Weinbau - Gartenbauwiss. 28 (10), 359-374 (1963)
- 7 Alleweldt, G.: Einfluß von Klimafaktoren auf die Zahl der
Inflorescenzen bei Reben - Wein-Wiss. 18, 61-70 (1963)
- 8 Alleweldt, G.: Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachs-
tums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von
Reben (Vitis-Species). III. Die Blütenbildung - Vi-
tis 4(3), 240-261 (1964)
- 9 Alleweldt, G.: Der Einfluß des Klimas auf Ertrag und Most-
qualität der Rebe - Rebe u. Wein 20, 312-317 (1967)
- 10 Alleweldt, G.: Physiologie der Rebe - Vitis 6(1), 48-81 (1967)
- 11 Alleweldt, G. und Balkema, G.H.: Über die Anlage von Inflores-
zenz- und Blütenprimordien in den Winterknospen der
Reben - Z. Acker- und Pflanzenbau 123, 59-74 (1965)

- 12 Ambrosi, H.: Untersuchungen über das Menge-Güte-Verhältnis und dessen statistische Auswertung bei Rebklonen - Wein-Wiss. 8, 80-95 (1954)
- 13 Amerine, M.A.: The maturation of wine grapes - Wines and Vines 37(10), 27-32 und 37(11), 53-55 (1956)
- 14 Angström, A. and Drummond, A.J.: On the evaluation of natural illumination from radiometric measurements of solar radiation - Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B 12, 41-46 (1963)
- 15 Anonym : Topographische Karte 1:25000, Blatt-Nr. 6714 Edenkoben - Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz, Ausg. 1957
- 16 Anonym : Monatlicher Witterungsbericht - Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach (Main) 12-19 (1964-71)
- 17 Anonym : Biometrisches Wörterbuch - VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1968
- 18 Anonym : Statistische Berichte des Statistischen Landesamtes Rheinland-Pfalz, Bad Ems, CII4-m11/68 und 69
- 19 Anonym : Enzymatische Analysen für die Lebensmittelchemie - Copyright Nov.69 by Boehringer Mannheim GmbH, Biochemica
- 20 Anonym : Berliner Wetterkarte - Amtsblatt des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin, 20. Jahrgang, 6.-10. Juli (1971)
- 21 Antcliff, A.J. and Webster, W.J.: Studies on the Sultana vine. I. Fruit bud distribution and bud burst with reference to potential crop - Aust. J. Agric. Res. 6, 565-588 (1955)
- 22 Arnold, A.: Beiträge zur refraktometrischen Methode der Mostgewichtsbestimmung - Vitis 1(2), 109-120 (1957)
- 23 von Babo, A. und Mach, E.: Handbuch des Weinbaues, Bd. 1, 4. Aufl. - Paul Parey, Berlin, 1923/24
- 24 Baldwin, J.G.: The relation between weather and fruitfulness of the Sultana vine - Aust. J. Agric. Res. 15, 920-928 (1964)

- 25 Bauer, O.: Polyploide Vitaceen; experimentelle Herstellung und vergleichende Untersuchungen an polyploiden Reben und ihren Ausgangsformen - Diss. Landw. Fak. Univ. Gießen (1968)
- 26 Bauer, O.: unveröffentlicht
- 27 Becker, N.J.: Beiträge zur Standortforschung an Reben (*Vitis vinifera* L.). Ergebnisse einer Erhebungsuntersuchung im Rheingau - Diss. Landw. Fak. Univ. Gießen (1967)
- 28 Berényi, D.: Mikroklimatologie - Gust. Fischer, Stuttgart, 1967
- 29 Bessis, R.: Détermination hivernale anticipée de la richesse en fleurs et du rendement maximum en fruits d'un vignoble - C.R. Acad. Agric. France 47, 617-622 (1961)
- 30 Böll, K.P.: Beziehungen zwischen Klima, Traubenertrag und Mostqualität in Baden-Württemberg - Wein-Wiss. 26, 90-111 (1971)
- 31 Boixo, M. de et Geslin, H.: Influence de la température de l'air et de l'insolation sur les dates de débourrement et de la fécondation de la vigne et le degré des vins produits - C.R. Acad. Agric. France 42, 494-500 (1956)
- 32 Bosian, G.: Wasserverbrauch und Wasserbedarf der Reben - Der Weinbau, Wiss. Beihefte 4, 146 (1950)
- 33 Bosian, G.: Assimilations- und Transpirationsbestimmungen an Reben im Freiland mit klimatisierten Küvetten - Wein-Wiss. 19, 264-271 (1964)
- 34 Budig, H.: Agrarmeteorologische Probleme im Zusammenhang mit dem Weinwirtschaftsgesetz vom 29.8.1961 - Dt. Weinbau 17, 675-676 (1962)
- 35 Budig, H.: 1964 brachte eine frühe Rebenblüte. Allgemeine und spezielle klimatische Bemerkungen und Untersuchungen aus dem Rheingau - Dt. Weinbau 19, 583-584 (1964)
- 36 Burckhardt, H.: Künstliche Beregnung im Weinbau - Weinberg und Keller 2, 154-158 (1955)

- 37 Burckhardt, H. und Goedecke, H.: Die Auswirkungen künstlicher Beregnung im Weinbau - Weinberg und Keller 8, 255-281 (1961)
- 38 Buttrose, M.S.: The effect of reducing leaf area on the growth of roots, stems and berries of Gordo grapevines - *Vitis* 5(6), 455-464 (1966)
- 39 Buttrose, M.S.: Fruitfulness in grapevines: Effects of light intensity and temperature - *Bot. Gaz.* 130, 166-173 (1969)
- 40 Buttrose, M.S.: Fruitfulness in grapevines: Effects of changes in temperature and light regimes - *Bot. Gaz.* 130, 173-179 (1969)
- 41 Buttrose, M.S.: Fruitfulness in grapevines: The response of different cultivars to light, temperature and day-length - *Vitis* 9(2), 121-125 (1970)
- 42 Constantinescu, Gh.: Caractéristiques bioclimatiques des cépages et des vignobles - *Bull. O.I.V.* 44, 399-427 (1971)
- 43 Coombe, B.G.: Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins, and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera* - *Plant Physiol.* 35, 241- 250 (1960)
- 44 Coombe, B.G.: The effect of removing leaves, flowers and shoot tips on fruitset in *Vitis vinifera* L. - *J. Hortic. Sci.* 37, 1-15 (1962)
- 45 Decker, K.: Welche Zuchtziele fordert der deutsche Weinbau? - *Züchter* 6, 162-165 (1934)
- 46 Diem, M. und Trappenberg, R.: Die Beeinflussung des Mikroklimas und der Bodenstruktur durch künstliche Beregnung - *Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B* 8, 382-406 (1958)
- 47 Diofasi, L.: Enrichissement en sucre et accroissement du volume des baies: mécanisme, facteurs; rôle du feuillage pour le rendement et la qualité du raisin; productivité du feuillage. Rapport Hongrois - *Bull. O.I.V.* 42, 721-740 (1969)

- 48 Dirmhirn, I.: Zur Strahlungsminderung an Windschutzstreifen - Wetter und Leben 5, 208-213 (1953)
- 49 Drawert, F. und Steffan, H.: Biochemisch-physiologische Untersuchungen an Traubenbeeren. III. Stoffwechsel von zugeführten ¹⁴C-Verbindungen und die Bedeutung des Säure-Zucker-Metabolismus für die Reifung von Traubenbeeren - Vitis 5(5), 377-384 (1966)
- 50 Eichhorn, K.W.: Die Ertragsstruktur und das Beerenwachstum der Reben - Diss. Univ. Hohenheim (1971)
- 51 van Eimern, J.: Untersuchungen über das Klima in Pflanzenbeständen als Grundlage einer agrarmeteorologischen Beratung, insbesondere für den Pflanzenschutz - Ber. Dt. Wetterdienst Nr. 96 (1964)
- 52 van Eimern, J., Karschon, R., Razumova, L.A. and Robertson, G.W.: Windbreaks and shelterbelts - WMO Techn. Note Nr.59 (1964)
- 53 Ferenczi, S. und Tuzson, I.: Einfluß von Witterungsfaktoren auf die Zusammensetzung ungarischer Weine - Vitis 5(2), 110-126 (1965)
- 54 Fiedler, H.J.: Die Untersuchung der Böden, Bd. 1 - Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1964
- 55 Gärtel, W.: Beerengröße, Kernzahl und Mostgewicht beim Riesling - Weinberg und Keller 1, 51-58 (1954)
- 56 Gärtel, W.: Untersuchungen über den Chlorophyllgehalt reifender Weinbeeren - Weinberg und Keller 17, 67-78 (1970)
- 57 Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht, 4. Aufl. - Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1961
- 58 Geisler, G.: Untersuchungen zur Transpiration, CO₂-Assimilation, Atmung und Blattstruktur an spontanen tetraploiden Mutanten von Vitis vinifera im Vergleich zu den diploiden Ausgangsstöcken - Züchter 31, 98-106 (1961)
- 59 Geisler, G.: Art- und sortenspezifische CO₂-Assimilationsraten von Reben unter Berücksichtigung wechselnder Beleuchtungsstärken - Mitt. Klosterneuburg 13, 301-305 (1963)

- 60 Geisler, G. und Radler, F.: Entwicklungs- und Reifevorgänge an Trauben von Vitis - Ber. Dt. Bot. Ges. 76, 112-119 (1963)
- 61 Gollmick, F. (Herausg.): Das Weinbuch, 3. Aufl. - VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1970
- 62 Guyot, G.: Les brise-vent. Modification des microclimats et amélioration de la production agricole. In: L'eau et la production végétale, S. 243-302 - Inst. Nat. Rech. Agron., Paris, 1964
- 63 Guyot, E. et Godet, Ch.: Le climat et la vigne - Ann. Agric. Suisse 49, 17-68 (1935)
- 64 Hale, C.R.: Synthesis of organic acids in the fruit of the grape - Nature 195, 917-918 (1962)
- 65 Hale, C.R.: Growth and senescence of the grape berry - Aust. J. Agric. Res. 19, 939-945 (1968)
- 66 Hale, C.R. and Weaver, R.J.: The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in Vitis vinifera - Hilgardia 33, 89-131 (1962)
- 67 Hannemann, W.: Die Wirkung der Wasser-, Temperatur- und Lichtverhältnisse im Weinberg auf das Wachstum der Reben - Dt. Weinbau 16, 895-902 (1961)
- 68 Hardy, P.J.: Sucrose breakdown and sythesis in the ripening grape berry - Aust. J. Biol. Sci. 20, 465-470 (1967)
- 69 Hardy, P.J.: Metabolism of sugars and organic acids in immature grape berries - Plant Physiol. 43, 224-228 (1968)
- 70 Harris, J.M., Kriedemann, P.E. and Possingham, J.V.: Anatomical aspects of grape berry development - Vitis 7(2), 106-119 (1968)
- 71 Hartmair, V.: Größenzunahme und Zuckeranreicherung der Weinbeeren in Abhängigkeit von der Photosyntheseleistung und den sie beeinflussenden Faktoren - Mitt. Klosterneuburg 16, 435-444 (1966)

- 72 Hawker, J.S.: Changes in the activities of enzymes concerned with sugar metabolism during the development of grape berries - *Phytochemistry* 8, 9-17 (1969)
- 73 Hesse, W.: Messung der Pflanzentranspiration mit Kleinlysismetern - *Z. Acker- und Pflanzenbau* 98, 107-118 (1954)
- 74 Horney, G.: Die mikroklimatische Standortbeurteilung im Weinbau - *Weinberg und Keller* 18, 61-78 (1971)
- 75 Huglin, P.: Recherches sur les bourgeons de la vigne: Initiation florale et développement végétatif - *Ann. Amélior. Plantes* 8, 113-272 (1958)
- 76 Huglin, P.: Untersuchungen über die Knospenfruchtbarkeit der Reben mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zu den Unterlagen - *Weinberg und Keller* 7, 127-137 (1960)
- 77 Husfeld, B.: *Reben. Handb. Pflanzenzüchtung*, 2. Aufl., Bd. VI, S. 756 - Paul Parey, Berlin, 1962
- 78 Ilter, E.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Infloreszenzbildung und dem vegetativen Wachstum der Reben - *Diss. Landw. Fak. Univ. Gießen* (1968)
- 79 Ionescu, P.: Contributions to the study of some physiological processes in grape clusters during growth and ripening - *An. Inst. Vitic. Vinif. (Bukarest)* 1, 331-343 (1968)
- 80 Iwahori, S., Weaver, R.J. and Pool, R.M.: Gibberellin-like activity in berries of seeded and seedless Tokay grapes - *Plant Physiol.* 42, 333-337 (1968)
- 81 Justyák, J.: Régimes thermiques dans les vignes cultivées avec et sans irrigation - *Acta Geogr. Debrec.* 14, 105-113 (1968)
- 82 Kasravi, M.H.: Der Einfluß der männlichen und weiblichen Fertilität auf den Ertrag von di- und tetraploiden Rebensorten - in Vorbereitung
- 83 King, E.: Ökologisch-meteorologische Untersuchungen an Windschutzstreifen im nassen Sommer 1968 - *Agr. Meteorol.* 7, 235-253 (1970)

- 84 Kleinschmidt, K.: Handbuch der meteorologischen Instrumente - J. Springer, Berlin, 1935
- 85 Klenk, E., Nagy, J. und Riede, P.: Künstliche Beregnung von Rebkulturen - Mitt. Württ. Lehr- und Versuchsanstalt Wein- und Obstbau Weinsberg, Heft 1 (1948)
- 86 Kliewer, W.M.: Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. I. Temperature - Plant Physiol. 39, 869-880 (1964)
- 87 Kliewer, W.M.: Changes in the concentration of malates, tartrates and total free acids in flowers and berries of *Vitis vinifera* - Amer. J. Enol. Vitic. 16, 92-100 (1965)
- 88 Kliewer, W.M.: Changes in concentration of glucose, fructose, and total soluble solids in flowers and berries of *Vitis vinifera* - Amer. J. Enol. Vitic. 16, 101-110 (1965)
- 89 Kliewer, W.M.: Sugars and organic acids of *Vitis vinifera* - Plant Physiol. 41, 923-931 (1966)
- 90 Kliewer, W.M.: Effect of temperature on the composition of grapes grown under field and controlled conditions - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93, 797-806 (1968)
- 91 Kliewer, W.M.: Effect of time and severity of defoliation on growth and composition of "Thompson Seedless" grapes - Amer. J. Enol. Vitic. 21, 37-47 (1970)
- 92 Kliewer, W.M.: Effect of day temperature and light intensity on concentration of malic and tartaric acids in *Vitis vinifera* L. grapes - J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96, 372-377 (1971)
- 93 Kliewer, W.M. and Antcliff, A.J.: Influence of defoliation, leaf darkening and cluster shading on the growth and composition of Sultana grapes - Amer. J. Enol. Vitic. 21, 26-36 (1970)
- 94 Kliewer, W.M. and Lider, L.A.: Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit - Amer. J. Enol. Vitic. 19, 175-184 (1968)

- 95 Kliewer, W.M. and Lider, L.A.: Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera* L. fruits - J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95, 766-769 (1970)
- 96 Kliewer, W.M., Lider, L.A. and Schultz, H.B.: Influence of artificial shading of vineyards on the concentration of sugars and organic acid in grapes - Amer. J. Enol. Vitic. 18, 78-86 (1967)
- 97 Kliewer, W.M. and Ough, C.S.: The effect of leaf area and crop level on the concentration of amino acids and total nitrogen in "Thompson Seedless" grapes - *Vitis* 9(3), 196-206 (1970)
- 98 Kliewer, W.M. and Schultz, H.B.: Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. II. Light - Amer. J. Enol. Vitic. 15, 119-129 (1964)
- 99 Kobayashi, A., Fukushima, T., Nii, N. and Harada, K.: Studies on the thermal conditions of grapes. VI. Effects of day and night temperatures on yield and quality of Delaware grapes - J. Japan. Soc. Hort. Sci. 36, 373-378 (1967)
- 100 Kobayashi, A., Kuretani, M. and Oto, H.: Effects of soil moisture on the growth and nutrient absorption of grapes - J. Japan. Soc. Hort. Sci. 32, 77-83 (1963)
- 101 Kobayashi, A., Nii, N., Harada, K. and Kadowaki, K.: Favourable day and night temperature combination for the fruit growth of Delaware grapes and Satsuma oranges - J. Japan. Soc. Hort. Sci. 37, 199-204 (1968)
- 102 Kobayashi, A., Yukinaga, H. and Matsunaga, E.: Studies on the thermal conditions of grapes. V. Berry growth, yield and quality of Muscat of Alexandria as affected by night temperature - J. Japan. Soc. Hort. Sci. 34, 152-158 (1965)
- 103 Koblet, W.: Fruchtansatz bei Reben in Abhängigkeit von Triebbehandlung und Klimafaktoren - Wein-Wiss. 21, 297-323 und 345-379 (1966)

- 104 Koblet, W.: Wanderung von Assimilaten in Rebtrieben und Einfluß der Blattfläche auf Ertrag und Qualität der Trauben - Wein-Wiss. 24, 277-319 (1969)
- 105 Koblet, W. und Zwicky, F.: Der Einfluß von Ertrag, Temperatur und Sonnenstunden auf die Qualität der Trauben - Wein-Wiss. 20, 237-244 (1965)
- 106 Kraus, V.: Beitrag zur Charakteristik der Rebsorten in Hinsicht auf das Korrelationsmaß zwischen Reifesumme und Qualität der Ernte in nördlichen Weinbaugebieten - Wein-Wiss. 21, 53-60 (1966)
- 107 Kraus, V.: Rebenerziehung und Rebschnitt in den tschechoslowakischen Weinbaugebieten - Wein-Wiss. 24, 102-110 (1969)
- 108 Kriedemann, P.E.: Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature and leaf age - Vitis 7(3), 213-220 (1968)
- 109 Kriedemann, P.E.: Observations on gas exchange in the developing Sultana berry - Aust. J. Biol. Sci. 21, 907-916 (1968)
- 110 Kriedemann, P.E., Kliewer, W.M. and Harris, J.M.: Leaf age and photosynthesis in Vitis vinifera L. - Vitis 9(2), 97-104 (1970)
- 111 Lefèbvre, A. et Ribèreau-Gayon, P.: La fixation et le dégagement de CO₂ par Vitis vinifera; leurs relations avec les voies du métabolisme - C.R. Acad. Sci. (Paris) 270, 1727-1729 (1970)
- 112 Lehmann, F.: Klimatische Gütebewertung von Weinbergslagen - Dt. Weinbaukalender 5, 60-62 (1954)
- 113 Lehmann, F.: Mostgüte und Bodenwärme - Dt. Weinbau 13, 662 (1958)
- 114 Lott, H.: Über die Samenkeimung bei Vitis vinifera-Sorten und Nachkommen aus interspezifischen Kreuzungen - Diss. Landw. Fak. Univ. Gießen (1969)
- 115 Lundegårdh, H.: Klima und Boden, 5. Aufl. - VEB Gust. Fischer Verlag, Jena, 1957

- 116 Marteau, M.G.: Evolution de la teneur en glucides solubles dans divers organes de la vigne au cours de la maturation des raisins - C.R. Acad. Agric. France 41, 193-198 (1955)
- 117 Martsof, J.D. and Decker, W.L.: Microclimate modification by manipulation of net radiation - Agr. Meteorol. 2, 197-216 (1970)
- 118 May, H.E.: Einflüsse von Klima und Witterung auf Güte und Ertrag im Weinbau - Diss. Phil. Fak. Univ. Mainz (1957)
- 119 May, F.: The value of an estimate of fruiting potential in the Sultana - Vitis 3(1), 15-26 (1961)
- 120 May, F.: Über die Knospen- und Infloreszenzentwicklung der Rebe - Wein-Wiss. 19, 457-485 (1964)
- 121 May, F.: Reducing inflorescence formation by shading individual Sultana buds - Aust. J. Biol. Sci. 18, 463-473 (1965)
- 122 May, F. and Antcliff, A.J.: The effect of shading on fruitfulness and yield in the Sultana - J. Hortic. Sci. 38, 85-94 (1963)
- 123 May, F. and Antcliff, A.J.: Fruit bud initiation - J. Austral. Inst. Agric. Sci. 30, 106-112 (1964)
- 124 May, F., Shaulis, N.J. and Antcliff, A.J.: The effect of controlled defoliation in the Sultana vine - Amer. J. Enol. Vitic. 20, 237-250 (1969)
- 125 McCree, K.J.: A solarimeter for measuring photosynthetically active radiation - Agr. Meteorol. 3, 353-366 (1966)
- 126 Mishchenko, Z.A.: The heat balance and temperature of plants - Meteor. Transl. No. 13, 53-73 (1968)
- 127 Mittenecker, E.: Planung und statistische Auswertung von Experimenten, 6. Aufl. - Franz Deuticke, Wien, 1966
- 128 Moreau, L. et Vinet, E.: Rôle des matières de réserve de la vigne dans la mise à fruits des cépages et dans la véraison des raisins - Ann. agron., S. 363 (1932)

- 129 Moser, L.: Das Verrieseln der Gescheine - Mitt. Klosterneuburg 12, 57-66 (1962)
- 130 Müller, K. (Herausg.): Weinbau-Lexikon - Paul Parey, Berlin, 1930
- 131 Müller-Thurgau, H.: Bericht über den VII. Deutschen Weinbaukongreß, Dürkheim (1882)
- 132 Müller-Thurgau, H.: Abhängigkeit der Ausbildung der Traubenbeeren und einiger anderer Früchte von der Entwicklung der Samen - Landw. Jb. Schweiz 12, 135-205 (1898)
- 133 Narasimham, B. and Mukherjee, S.K.: Early maturity and seed abortion in tetraploid grapes - Vitis 8(2), 89-93 (1969)
- 134 Nikoforova, L.T.: Einfluß der Blattfläche auf die Traubenernte (russ.) - ref.: Mitt. Klosterneuburg 7, 284 (1957)
- 135 Nitsch, J.P., Pratt, C., Nitsch, C. and Shaulis, N.J.: Natural growth substances in Concord and Concord Seedless grapes in relation to berry development - Amer. J. Bot. 47, 566-576 (1960)
- 136 Novak, J.: Der Einfluß einer verringerten Blattfläche auf Traubenertrag sowie Zucker- und Säuregehalt des Weinmostes - Wein-Wiss. 13, 117-128 (1959)
- 137 Olmo, H.P.: Correlations between seed and berry development in some seeded varieties of Vitis vinifera - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 48, 291-297 (1946)
- 138 Faltridge, G.W.: A filter for absorbing photosynthetically-active radiation and examples of its use - Agr. Meteorol. 7, 167-174 (1970)
- 139 Pastena, B.: Korrelationen zwischen Gewicht und Zahl der Kerne in der Beere und zwischen Gewicht und Refraktometerwert der Traubenbeere (ital.) - Riv. Viticolt. Enol. 17, 149-164 (1964)
- 140 Feynaud, E. et Maurié, A.: Evolution des acides organiques dans le grain de raisin au cours de la maturation en 1951 - Ann. Inst. Nat. Rech. agronom., Sér. E.: Ann. Technol. agricole 2, 83-94 (1953)

- 141 Peynaud, E. and Mauri , A.: Synthesis of tartaric and malic acids by grape vines - Amer. J. Enol. Vitic. 9, 32-36 (1958)
- 142 Plessis, C.S. du: Changes in the major organic acids of ripening grapes - S. Afr. J. Agric. Sci. (Pretoria) 11, 237-248 (1968)
- 143 Radler, F.: The effect of temperature on the ripening of Sultana grapes - Amer. J. Enol. Vitic. 16, 38-41 (1965)
- 144 Rankine, B.C., Cellier, K.M. and Boehm, E.W.: Studies on grape variability and field sampling - Amer. J. Enol. Vitic. 13, 58-72 (1962)
- 145 Rapp, A. und Mitarb.: unveröffentlicht
- 146 Rebelein, H.: Kolorimetrisches Verfahren zur gleichzeitigen Bestimmung der Weinsäure und der Milchs ure in Wein und Most - Dt. Lebensmittel-Rdsch. 59, 129-132 (1963)
- 147 Rib reau-Gayon, G.: Sur la génèse des acides organiques dans la vigne - C.R. Acad. Sci. (Paris) 248, 3606-3608 (1959)
- 148 Rib reau-Gayon, G.: Etude des mécanismes de synthèse et de transformation de l'acide malique, de l'acide tartrique et de l'acide citrique chez Vitis vinifera L. - Phytochemistry 7, 1471-1482 (1968)
- 149 Rib reau-Gayon, G. et P.: Sur les lieux et le mécanisme de la synthèse de l'acide tartrique chez Vitis vinifera L. - C.R. Acad. Sci. (Paris) 261, 1764-1766 (1965)
- 150 Rib reau-Gayon, G. et Lefèbvre, A.: Relations entre le métabolisme respiratoire et la synthèse des acides organiques, en particulier de l'acide tartrique, dans les baies de Vitis vinifera L. - C.R. Acad. Sci. (Paris) 264, 1112-1115 (1967)
- 151 Rodrigues, J. and Srivastava, H.C.: Role of growth substances in flowering, fruit set, development, maturity and storage behavior of fruits - J. Sci. Indust. Res. (New Delhi) 23, 237-244 (1964)

- 152 Rodskjer, N. und Kornher, A.: Über die Bestimmung der Strahlungsenergie im Wellenlängenbereich von 0,3-0,7 μ in Pflanzbeständen - Agr. Meteorol. 8, 139-150 (1971)
- 153 Rosenberg, N.J.: Microclimate, air mixing and physiological regulation of transpiration as influenced by wind shelter in an irrigated bean field - Agr. Meteorol. 3, 197-224 (1966)
- 154 Saito, K. and Kasai, Z.: Accumulation of tartaric acid in the ripening process of grapes - Plant Cell Physiol. 9, 529-537 (1968)
- 155 Sartorius, O.: Zur Reblausselektion unter besonderer Berücksichtigung der Methodik und der Ziele auf Grund von 6-14jährigen Beobachtungen an einem Klon - Z. Pflanzenzüchtung 12, 31-74 (1926)
- 156 Sartorius, O.: Bildung, Transport, Speicherung und Veratmung der Assimilate des Rebstockes in heutiger Sicht - Wein-Wiss. 24, 428-442 (1969)
- 157 Saulnier-Blache, P.: Développement du raisin. I. Croissance, accumulation des protéines et respiration pendant le passage de la phase végétative à la maturation - Ann. Physiol. vég. 5, 217-228 (1963)
- 158 Saulnier-Blache, P. et Bruzeau, F.: Développement du raisin. II. Validité de la méthode d'échantillonnage utilisée et structure des populations de grains de raisin - Ann. Physiol. vég. 8, 25-37 (1966)
- 159 Saulnier-Blache, P. et Bruzeau, F.: Développement du raisin. III. Nouvelles recherches sur la croissance et la respiration pendant le passage de la phase de croissance végétative à la maturation - Ann. Physiol. vég. 9, 179-196 (1967)
- 160 Sautter, L.: Einfluß der NPK-Düngung auf die Photosynthese der Reben - Diss. Abtlg. Weinbau Univ. Hohenheim (1971)
- 161 Schneider, M. und Horney, G.: Auswirkung von Beregnung auf Boden- und Bestandsklima sowie auf Blattemperaturen im Weinbau - Z. Bewässerungswirtsch., Heft 2, 162-199 (1969)

- 162 Schöffling, H.: Qualität und Quantität des Traubenertrags in Abhängigkeit von der Assimilationsfläche der Blätter - Weinberg und Keller 14, 285-322 (1967)
- 163 Schultz, H.B. and Lider, L.A.: Modification of the light factor and heat load in vineyards - Amer. J. Enol. Vitic. 15, 87-92 (1964)
- 164 Schulze, R.: Strahlenklima der Erde, S. 121 - Steinkopff, Darmstadt, 1970
- 165 Seemann, J.: Automatisch gesteuerte klimatisierende Beregnung - Z. Bewässerungswirtsch., Heft 1, 73-77 (1969)
- 166 Seemann, J.: Das Klima im Gewächshaus. Handbuch des Erwerbsgärtners, Bd. III: Technik im Gartenbau, 3. Aufl., S. 258 - Eugen Ulmer, Stuttgart, 1971
- 167 Shaulis, N., Amberg, H. and Crowe, D.: Response of Concord grapes to light, exposure and Genova double curtain training - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89, 268-280 (1966)
- 168 Shimomura, K.: Effects of soil moisture on the growth and nutrient absorption of grapes - Acta Agron. Acad. Sci. Hung. 17, 209-216 (1967)
- 169 Sparks, D. and Larsen, R.P.: Effect of shading and leaf area on fruit soluble solids of the Concord grape, Vitis labrusca L. - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89, 259-267 (1966)
- 170 Staehelin, M., Jaquinet, A. et Simon, J.-L.: Particularités du climat et comportement de la vigne - Rev. Suisse Viticult. Arboricult. (Lausanne) 2, 14-19 (1970)
- 171 Steffan, H.: Untersuchungen über Veränderungen von Inhaltsstoffen in reifenden Beeren der Rebe mit ¹⁴C-Verbindungen - Diss. Naturwiss. Fak. Univ. Karlsruhe (1968)
- 172 Steubing, L.: Windschutz als botanisches Problem - Umsch. Wiss. Techn. 64, 84-87 (1964)
- 173 Stoev, K.: Enrichissement en sucre et accroissement du volume des baies: mécanisme, facteurs; rôle du feuillage pour le rendement et la qualité du raisin; producti-

vitê du feuillage. Rapport général - Bull. O.I.V. 40,
343-377 (1967)

- 174 Swanson, C.A. and El-Shishiny, E.D.H.: Translocation of sugars in the Concord grape - Plant Physiol. 33, 33-37 (1958)
- 175 Tavadze, D.G.: The effect of various light intensities on pigment content in grape leaves - Akademika nauk SSSR Doklady 115, 144-146 (1957)
- 176 Trieb, G.: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Unterlagen auf vegetative und generative Leistungseigenschaften des Riesling - Wein-Wiss. 22(10-12), 406-427, 447-474 und 508-521 (1967)
- 177 Tukey, L.D.: Effect of controlled temperatures following bloom on berry development of the Concord grape (*Vitis labrusca*) - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71, 157-166 (1958)
- 178 Turković, Z.: Einfluß meteorologischer Verhältnisse auf die Entwicklung der Rebe (jugosl. m. dt. Zsfg.) - Agron. Glasnik 16, 435-446 (1966)
- 179 Turković, Z. und Gagro, I.: Verteilung der Fruchtaugen am Rebholz - Mitt. Klosterneuburg 14, 68-74 (1964)
- 180 Vogt, E.: Weinbau, 4. Aufl. - Eugen Ulmer, Stuttgart, 1967
- 181 Vogt, E.: Handbuch der Kellerwirtschaft, Bd. III: Weinchemie und Weinanalyse, 3. Aufl. - Eugen Ulmer, Stuttgart, 1970
- 182 Wagner, E.: Über spontane tetraploide Mutanten von *Vitis vinifera* L. - *Vitis* 1(4), 197-217 (1958)
- 183 Wagner, R.: Effets d'un éclairage d'appoint sur la fertilité des bourgeons de la vigne - C.R. Acad. Agric. France 52, 670-673 (1966)
- 184 Weaver, R.J.: Effect of leaf to fruit ratio on fruit quality and shoot development in "Carignane" and "Zinfandel" wine grapes - Amer. J. Enol. Vitic. 14, 1-12 (1963)

- 185 Weaver, R.J., Shindy, W. and Kliever, W.M.: Growth regulator induced movement of photosynthetic products into fruits of "Black Corinth" grapes - Plant Physiol. 44, 183-188 (1969)
- 186 Wejnar, R.: Der Einfluß der Temperatur auf die Bildung von Zucker, Äpfelsäure und Weinsäure in Weintrauben - Ber. Dt. Bot. Ges. 78, 314-321 (1965)
- 187 Wejnar, R.: Weitere Untersuchungen zum Einfluß der Temperatur auf die Bildung von Äpfelsäure in Weinbeeren - Ber. Dt. Bot. Ges. 80, 447-450 (1967)
- 188 Winkler, A.J.: General Viticulture - Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles, 1962
- 189 Winkler, A.J. and Williams, W.O.: Effect of seed development on the growth of grapes - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33, 430-434 (1935)
- 190 Wolf, J.: Der Säurestoffwechsel fleischiger Früchte, in: Handbuch der Pflanzenphysiologie (Herausg. W. Ruhland), Bd. XII: Pflanzenatmung einschließlich Gärungen und Säurestoffwechsel, Teil 2 - Springer, Berlin-Göttingen - Heidelberg, 1960
- 191 Yanin, G.I.: Quantitative regulation of the leaf surface of grape bushes (russ. m. engl. Zsfg.) - Fiziol. Rast. (Moskau) 13, 528-536 (1966)
- 192 Zankov, Z.: Etude sur la marche de la floraison de la vigne et de la maturation du raisin (bulg. m. russ. u. franz. Zsfg.) - Gradin. Loz. Nauka (Sofia) 3, 515-521 (1966)
- 193 Zembery, A.: Über die Dynamik der Initiation und Formierung der Infloreszenzen in den Winteraugen des Weißen Burgunders (slowak.) - Vinohrad (Bratislava) 69, 18-19, 27 (1969)

Lebenslauf

Am 6. Oktober 1939 wurde ich als Sohn des Bäckermeisters August Klenert und dessen Ehefrau Else, geb. Hermann, in Stuttgart geboren.

Volksschule: 1946 - 1949 in Stuttgart

Gymnasium: 1949 - 1958 Wagenburg-Gymnasium in Stuttgart

Hochschule: 1958 - 1962

Studium der Meteorologie, Mathematik und
Physik an der Techn. Hochschule Karlsruhe
Diplomvorprüfung 1961

1962 - 1963

Studium der Meteorologie und Physik an der
Freien Universität Berlin

1963 - 1965

Studium der Meteorologie, Physik und Geo-
graphie an der Techn. Hochschule Karlsruhe
Diplomhauptprüfung 1965

1971 - 1972

Studium der Agrarwissenschaften an der Justus-
Liebig-Universität Gießen

Seit Juli 1965 bin ich als Wissenschaftlicher Assistent an
der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung Geilweiler-
hof (Pfalz) tätig.

Seit Oktober 1965 bin ich mit Uta May verheiratet.

FOTO-DRUCK LENZ • 63 Gießen • Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641 - 77449